

DIN EN 13261

ICS 45.040

Ersatz für
DIN EN 13261:2011-01**Bahnanwendungen –
Radsätze und Drehgestelle –
Radsatzwellen – Produktanforderungen;
Deutsche Fassung EN 13261:2020**

Railway applications –
Wheelsets and bogies –
Axles – Product requirements;
German version EN 13261:2020

Applications ferroviaires –
Essieux montés et bogies –
Essieux-axes – Prescription pour le produit;
Version allemande EN 13261:2020

Gesamtumfang 68 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13261:2020) 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 13261:2011-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

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

Frühere Ausgaben

DIN 5576: 1989-05

DIN EN 13261: 2006-01, 2010-06, 2011-01

Deutsche Fassung

**Bahnanwendungen —
Radsätze und Drehgestelle —
Radsatzwellen — Produktanforderungen**

Railway applications —
Wheelsets and bogies —
Axles — Product requirements

Applications ferroviaires —
Essieux montés et bogies —
Essieux-axes — Prescription 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	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Produkteigenschaften	9
4.1 Chemische Zusammensetzung	9
4.1.1 Zu erreichende Werte	9
4.1.2 Probenahmeverfahren	10
4.1.3 Analyseverfahren	10
4.2 Mechanische Eigenschaften	10
4.2.1 Eigenschaften ausgehend vom Zugversuch	10
4.2.2 Eigenschaften ausgehend vom Kerbschlagbiegeversuch	12
4.2.3 Dauerfestigkeitseigenschaften	14
4.3 Mikrografische Gefügeeigenschaften	16
4.3.1 Zu erreichende Werte	16
4.3.2 Probenlage	16
4.3.3 Prüfverfahren	16
4.4 Reinheitsgrad	17
4.4.1 Mikrographischer Reinheitsgrad	17
4.4.2 Innere Fehlerfreiheit	18
4.5 Ultraschalldurchlässigkeit	18
4.5.1 Allgemeines	18
4.5.2 Einzuhaltende Grenzen	18
4.5.3 Probe	19
4.5.4 Prüfverfahren	19
4.6 Restspannungen	20
4.6.1 Allgemeines	20
4.6.2 Zu erreichende Werte	20
4.6.3 Probe und Lage der Messpunkte	20
4.6.4 Messverfahren	20
4.7 Oberflächeneigenschaften	20
4.7.1 Oberflächenzustand	20
4.7.2 Fehlerfreiheit der Oberfläche	23
4.8 Form-, Lage- und Maßtoleranzen	24
4.9 Schutz gegen Korrosion und gegen mechanische Beanspruchungen	29
4.9.1 Abschließende Schutzbeschichtung	29
4.9.2 Zeitweiliger Korrosionsschutz	34
4.10 Kennzeichnung	35
5 Alternative Fertigungsverfahren	35
6 Produktqualifizierung	35
7 Produktlieferbedingungen	35
Anhang A (informativ) Probenahme aus einer Überlänge an einem Radsatzwellenschenkel	36
A.1 Zu erreichende Werte	36

A.2	Probenahmeverfahren	37
A.2.1	Überlänge mit einem Durchmesser, der jenem des Schenkels entspricht.....	37
A.2.2	Überlänge mit einem Durchmesser über jenem des Schenkeldurchmessers	37
Anhang B (informativ) Zeichnungen der Prüfstücke		38
Anhang C (normativ) Standardvergleichskörper für Ultraschalldurchlässigkeit.....		41
C.1	Standardvergleichskörper	41
C.2	Toleranzen des Standardvergleichskörpers	42
C.3	Stahlgüte des Standardvergleichskörpers	42
Anhang D (informativ) Lage der Messbereiche für die Ultraschalldurchlässigkeit		43
Anhang E (informativ) Messung der Eigenspannungen mittels Dehnungsmessstreifen und Sägeschnittverfahren		44
Anhang F (informativ) Strahlverfahren nach mechanischer Bearbeitung		45
F.1	Kurzbeschreibung des Strahlens.....	45
F.2	Anforderungen	45
F.2.1	Strahlmittel.....	45
F.2.2	Härte.....	45
F.2.3	Rauheit	45
F.2.4	Überdeckungsgrad.....	45
F.2.5	Dauerfestigkeit.....	45
F.3	Parameter	46
F.4	Qualifizierung des Strahlverfahrens	46
Anhang G (normativ) Verfahren zur Bestimmung des Einschlagwiderstands der Beschichtung		47
G.1	Grundsatz	47
G.2	Probe	47
G.3	Gerät.....	47
G.4	Vorgehensweise	47
G.5	Aufzeichnung der Ergebnisse.....	47
Anhang H (normativ) Verfahren zur Bestimmung der Beständigkeit der Beschichtung gegenüber Strahlmitteln.....		48
H.1	Grundsatz	48
H.2	Probe	48
H.3	Gerät.....	48
H.4	Vorgehensweise	48
H.5	Aufzeichnung der Ergebnisse.....	48
Anhang I (normativ) Verfahren zur Bestimmung der Beständigkeit der Beschichtung gegenüber speziellen korrosiven Produkten.....		49
I.1	Grundsatz	49
I.2	Probe	49
I.3	Gerät.....	49
I.4	Korrosive Produkte	49
I.5	Vorgehensweise	50
I.6	Aufzeichnung der Ergebnisse.....	50
Anhang J (normativ) Verfahren zur Bestimmung der Beständigkeit der Beschichtung gegenüber zyklischen mechanischen Beanspruchungen		51
J.1	Zweck.....	51
J.2	Grundsatz	51
J.3	Probe	51
J.4	Gerät.....	51
J.5	Vorgehensweise	51
J.6	Aufzeichnung der Ergebnisse.....	52
Anhang K (normativ) Produktqualifizierung.....		53

K.1	Einleitung	53
K.2	Allgemeines	53
K.3	Anforderungen	54
K.3.1	Anforderungen an den Hersteller	54
K.3.2	Einzuhaltende Anforderungen an das Produkt.....	54
K.4	Qualifizierungsverfahren	55
K.4.1	Allgemeines	55
K.4.2	Erforderliche Dokumentation	55
K.4.3	Bewertung der Herstelleinrichtungen und des Herstellprozesses.....	55
K.4.4	Laborprüfungen	56
K.5	Gültigkeit der Qualifizierung	56
K.5.1	Voraussetzung der Gültigkeit.....	56
K.5.2	Änderungen und Erweiterungen	56
K.5.3	Übertragung.....	57
K.5.4	Erlöschen der Qualifizierung	57
K.5.5	Entzug der Qualifizierung.....	57
K.6	Qualifizierungsdokumente	57
Anhang L (normativ) Produktlieferbedingungen.....		58
L.1	Einleitung	58
L.2	Allgemeines	58
L.3	Lieferzustand	59
L.4	Vorgeschriebene Einzelprüfungen.....	59
L.5	Kontrolle durch losweise Prüfung	60
L.5.1	Durchzuführende Prüfungen	60
L.5.2	Ultraschalldurchlässigkeit.....	61
L.5.3	Oberflächenzustand.....	61
L.5.4	Sichtprüfung	61
L.6	Qualitätsplan	61
L.6.1	Allgemeines	61
L.6.2	Ziele	61
L.6.3	Anwendungsmodalitäten des Qualitätsplans	61
L.7	Zulässige Nacharbeiten	62
L.7.1	Allgemeines	62
L.7.2	Wärmebehandlung	62
L.7.3	Wiederholung des Versuchs	62
L.7.4	Richten der Radsatzwellen	62
L.7.5	Wiederholung der Bearbeitung.....	62
Anhang M (normativ) Bestimmung des Wasserstoffgehalts von Stählen für Radsatzwellen bei der Stahlherstellung.....		63
M.1	Allgemeines	63
M.2	Probenahme	63
M.3	Analysenverfahren.....	63
M.4	Vorkehrungen	63
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2016/797/EU		64
Literaturhinweise.....		66

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13261:2020) 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 13261:2009+A1:2010.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation 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 werden, 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 13261:2003 und EN 12361:2009) mehrere Jahre Anwendung gefunden haben, beinhaltet diese neue Ausgabe Verbesserungen und zusätzliche Daten wie z. B. Ergebnisse europäischer Projekte.

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.

Außerdem verlangen die TSI „Güterwagen“ und „Lokomotiven und Reisezugwagen“, dass ein Prüfungsprozess für die vorhandene Produktion existieren muss.

1 Anwendungsbereich

Das vorliegende Dokument legt die Eigenschaften von Radsatzwellen 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.

Es legt die Eigenschaften von durch Schmiedeverfahren oder Walzen hergestellten Radsatzwellen aus vakuumentgastem Stahl der Sorte EA1N¹, EA1T¹ und EA4T¹ fest. Für längsgebohrte Radsatzwellen gilt diese Norm nur, wenn diese durch mechanische Bearbeitung der Bohrung in einer geschmiedeten oder gewalzten ganzen Radsatzwelle hergestellt werden.

Die in der vorliegenden Norm festgelegten Anforderungen sind für zylindrische Radsitze anzuwenden. Die meisten Anforderungen gelten auch für kegelförmige Radsitze von Radsatzwellen. Die besonderen Anforderungen an kegelförmige Radsitze (z. B. geometrische Abmessungen der Radsitze usw.) sind in der technischen Spezifikation festgelegt.

Einige Eigenschaften werden nach Kategorie 1 oder Kategorie 2 festgelegt.

Dieses Dokument gilt für Radsatzwellen, deren Konstruktion den in EN 13103-1 festgelegten Regeln entspricht.

Dieses Dokument erlaubt auch Abweichungen bei den Eigenschaften des Werkstoffs in Bezug auf alternative Fertigungsverfahren (z. B. Festwalzen, Kugelstrahlen, thermisches Spritzen, Stahlreinheit, Schmiedeverformungsgrad, Verbesserung der Werkstoffeigenschaften durch das Schmelzverfahren und den Wärmebehandlungsprozess usw.).

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

EN 22768-1, *Allgemeintoleranzen — Teil 1: Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung (ISO 2768-1)*

EN 22768-2, *Allgemeintoleranzen — Teil 2: Toleranzen für Form und Lage ohne einzelne Toleranzeintragung (ISO 2768-2)*

EN ISO 148-1, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1)*

EN ISO 643:2012, *Stahl — Mikrophotographische Bestimmung der erkennbaren Korngröße (ISO 643:2012)*

EN ISO 11997-1:2006, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Beständigkeit bei zyklischen Korrosionsbedingungen — Teil 1: Nass (Salzsprühnebel)/trocken/feucht (ISO 11997-1:2006)*

1 N für einen normalisierten metallurgischen Zustand;

T für einen vergüteten metallurgischen Zustand.

EN ISO 2409:2013, *Beschichtungsstoffe — Gitterschnittprüfung (ISO 2409:2013)*

EN ISO 2808, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Schichtdicke (ISO 2808)*

EN ISO 4624:2016, *Beschichtungsstoffe — Abreißversuch zur Bestimmung der Haftfestigkeit (ISO 4624:2016)*

EN ISO 6507-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Vickers — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6507-1)*

EN ISO 6892-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1)*

EN ISO 9227, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen (ISO 9227)*

EN ISO 14284:2002, *Eisen und Stahl — Entnahme und Vorbereitung von Proben für die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung (ISO 14284:1996)*

EN ISO 16276-2, *Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Beurteilung der Adhäsion/Kohäsion (Haftfestigkeit) einer Beschichtung und Kriterien für deren Annahme — Teil 2: Gitterschnitt- und Kreuzschnittprüfung*

ISO 4967:2013, *Steel — Determination of content of nonmetallic inclusions — Micrographic method using standard diagrams*

ISO 5948:2018, *Railway rolling stock material — Ultrasonic acceptance testing*

ISO 6933:1986, *Railway rolling stock material — Magnetic particle acceptance testing*

ISO/TR 9769², *Steel and iron — Review of available methods of analysis*

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 spezifische Parameter und/oder Produktanforderungen zusätzlich zu den Anforderungen dieses Dokumentes beschreibt

² Siehe auch CEN/TR 10261.

3.2

Los

Eine Menge bestehend aus Radsatzwellen, von denen vorausgesetzt wird, dass sie dieselben Eigenschaften aufweisen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Los besteht aus geschmiedeten oder gewalzten Radsatzwellen derselben Konstruktion, aus einem Werkstoff, aus ein und derselben Schmelze, die demselben Warmverformungsprozess und demselben Wärmebehandlungsverfahren zu demselben Zeitpunkt unterzogen wurde. Wenn der Werkstoff aus mehreren Schmelzen mit derselben erwarteten chemischen Zusammensetzung stammt, können die so hergestellten Radsatzwellen zu einem Los zusammengefasst werden. In diesem Fall muss im Rahmen der Produktqualifizierung der Nachweis erbracht werden, dass die aus mehreren Schmelzen stammenden Radsatzwellen die Anforderungen der Produktqualifizierung erfüllen.

3.3

Radsatzkategorien

Klassifizierung des Bauteils in Abhängigkeit von den 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.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei Fahrzeugen mit einer Geschwindigkeit kleiner oder gleich 200 km/h werden im Allgemeinen Radsatzwellen der Kategorie 2 verwendet.

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

4 Produkteigenschaften

4.1 Chemische Zusammensetzung

4.1.1 Zu erreichende Werte

Die prozentualen Grenzwerte der verschiedenen Elemente müssen den Angaben in Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1 — Grenzgehalte durch Produktanalyse

Stahlgüte	C	Si	Mn	P ^a	S ^{a b}	Cr	Cu	Mo	Ni	V
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
EA1N	≤ 0,40	≤ 0,50	≤ 1,20	≤ 0,020	≤ 0,015 ^{a b}	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,30	≤ 0,06
EA1T	≤ 0,40	≤ 0,50	≤ 1,20	≤ 0,020	≤ 0,015 ^{a b}	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,30	≤ 0,06
EA4T	≥ 0,22 ≤ 0,29	≥ 0,15 ≤ 0,40	≥ 0,50 ≤ 0,80	≤ 0,020	≤ 0,015 ^b	≥ 0,90 ≤ 1,20	≤ 0,30	≥ 0,15 ≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,06
^a In der technischen Spezifikation kann ein Höchstgehalt von 0,025 % vereinbart werden. ^b In der technischen Spezifikation kann ein minimaler Schwefelgehalt gemäß dem Stahlherstellungsverfahren vereinbart werden, um vor Wasserstoff-Versprödung zu schützen.										

4.1.2 Probenahmeverfahren

Die Proben müssen bei Vollwellen am halben Radius bzw. bei Hohlwellen in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche entnommen werden.

Die chemische Zusammensetzung kann alternativ durch die Schmelzenanalyse bestimmt werden.

Wenn in der technischen Spezifikation festgelegt, kann bei geschmiedeten Radsatzwellen eine Probennahme auch, wie in Anhang A spezifiziert, aus einer Überlänge an den Radsatzwellenschenkeln erfolgen.

4.1.3 Analyseverfahren

Die chemische Analyse muss nach den in ISO/TR 9769 beschriebenen Verfahren und Anforderungen durchgeführt werden, sofern in der technischen Spezifikation keine andere Norm festgelegt ist.

ANMERKUNG Die Anwendung von ASTM E415-14 oder ASTM E1019-11 ist möglich.

4.2 Mechanische Eigenschaften

4.2.1 Eigenschaften ausgehend vom Zugversuch

4.2.1.1 Zu erreichende Werte

Die am halben Radius bei Vollwellen bzw. in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche bei Hohlwellen zu erreichenden Werte sind in Tabelle 2 angegeben.

Die nahe der Außenfläche von Radsatzwellen zu erreichenden Werte müssen größer oder gleich dem 0,95-Fachen der Werte sein, die bei Vollwellen am halben Radius bzw. bei Hohlwellen in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche gemessen wurden.

Die im Kern von Vollwellen bzw. nahe der Innenfläche von Hohlwellen zu erreichenden Werte müssen größer oder gleich dem 0,8-Fachen der Werte sein, die am halben Radius bzw. in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche gemessen wurden.

Tabelle 2 — Am halben Radius von Vollwellen bzw. in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche von Hohlwellen zu erreichende Werte

Stahlgüte	R_{eH}^a MPa	R_m MPa	A_5 %
EA1N	≥ 320	550 – 650	≥ 22
EA1T	≥ 350	550 – 700	≥ 24
EA4T	≥ 420	650 – 800	≥ 18
^a Wenn keine ausgeprägte Elastizitätsgrenze vorhanden ist, ist der konventionelle Grenzwert $R_{p0,2}$ zu ermitteln.			

4.2.1.2 Probenlage

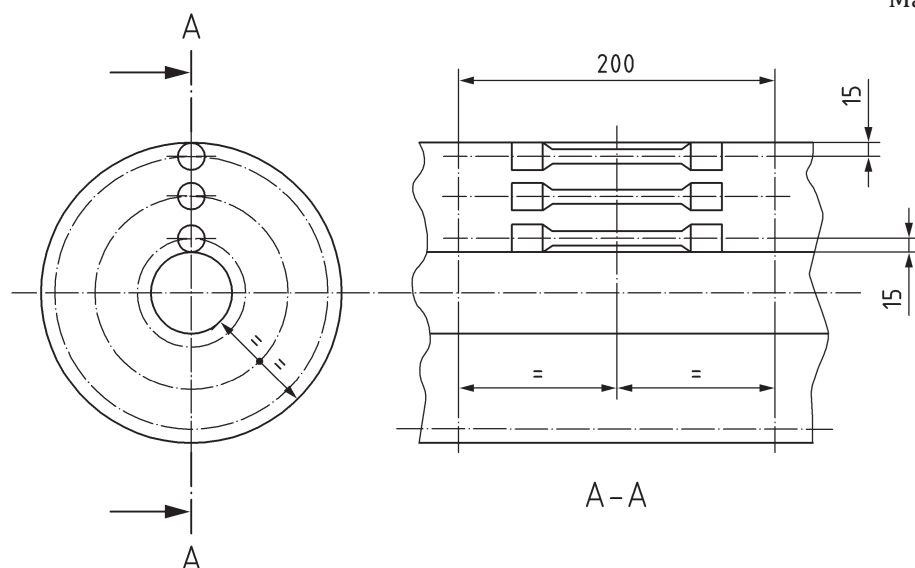
Die Proben müssen in drei Ebenen in dem Bereich mit dem größten Durchmesser der Radsatzwelle entnommen werden:

- 1) möglichst nahe an der Außenfläche für alle Radsatzwellen;
- 2) am halben Radius und im Kern bei Vollwellen;
- 3) in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche und nahe der Innenfläche bei Hohlwellen;

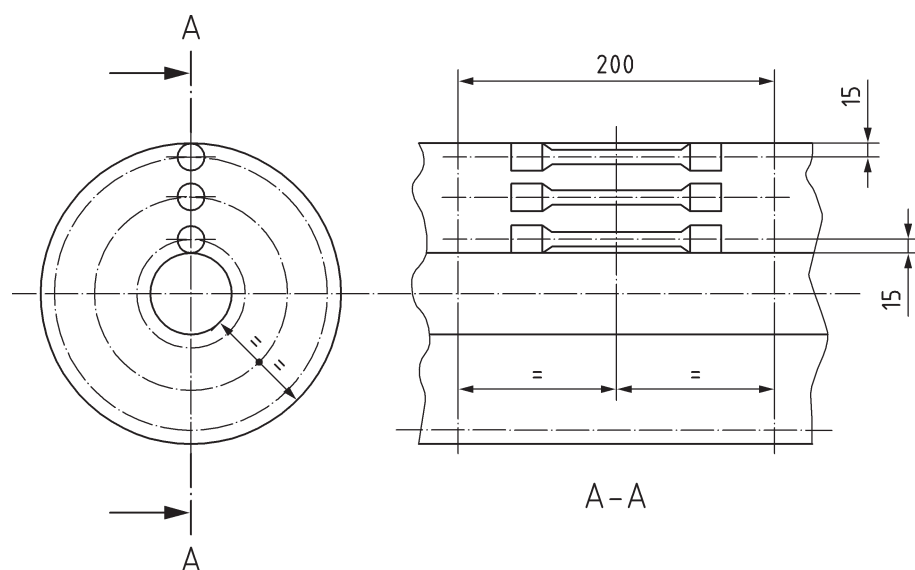
wie in den Bildern 1 a) und b) angegeben.

Wenn in der technischen Spezifikation festgelegt, kann bei geschmiedeten Radsatzwellen eine Probennahme auch, wie in Anhang A spezifiziert, aus einer Überlänge an den Radsatzwellenschenkeln erfolgen.

Maße in Millimeter



a) Vollwelle



b) Hohlwelle

Bild 1 — Probenlage

4.2.1.3 Prüfverfahren

Das Prüfverfahren muss nach EN ISO 6892-1 durchgeführt werden. Der Probendurchmesser muss im Prüfbereich mindestens 10 mm betragen. Die Messlänge muss das 5-Fache des Durchmessers betragen.

4.2.2 Eigenschaften ausgehend vom Kerbschlagbiegeversuch

4.2.2.1 Zu erreichende Werte

Die Eigenschaften im Kerbschlagbiegeversuch müssen in Längs- und Querrichtung der Radsatzwelle ermittelt werden.

Die am halben Radius bei Vollwellen bzw. in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche bei Hohlwellen zu erreichenden Werte sind in Tabelle 3 angegeben.

Der nahe der Oberfläche berechnete Mittelwert auf der Grundlage von 3 Proben muss größer oder gleich dem 0,95-Fachen der Mittelwerte sein, die am halben Radius bzw. bei Hohlwellen in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche gemessen wurden.

Der im Kern von Vollwellen bzw. nahe der Innenfläche von Hohlwellen auf der Grundlage von 3 Proben berechnete Mittelwert muss größer dem 0,8-Fachen der Mittelwerte sein, die am halben Radius bzw. in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche gemessen wurden.

Für jede Ebene (Oberfläche, Radiusmitte, Mitte) ist der Mittelwert der 3 Proben (siehe 4.2.2.2) in Tabelle 3 definiert.

Kein Einzelwert darf unterhalb der in Tabelle 3 festgelegten Mindestwerte liegen.

Tabelle 3 — Am halben Radius von Vollwellen bzw. in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche von Hohlwellen zu erreichende Werte

Stahlgüte	Mittelwert für <i>KU</i> in Längsrichtung	Mindestwert für <i>KU</i> in Längsrichtung	Mittelwert für <i>KU</i> in Querrichtung	Mindestwert für <i>KU</i> in Querrichtung
	J	J	J	J
EA1N	≥ 30	≥ 21	≥ 20	≥ 14
EA1T	≥ 40	≥ 28	≥ 25	≥ 18
EA4T	≥ 40	≥ 28	≥ 25	≥ 18

4.2.2.2 Probenlage

Die Proben müssen in drei Ebenen in dem Bereich mit dem größten Durchmesser der Radsatzwelle entnommen werden:

- 1) möglichst nahe an der Außenfläche für alle Radsatzwellen;
- 2) am halben Radius und im Kern bei Vollwellen;
- 3) in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche und nahe der Innenfläche bei Hohlwellen;

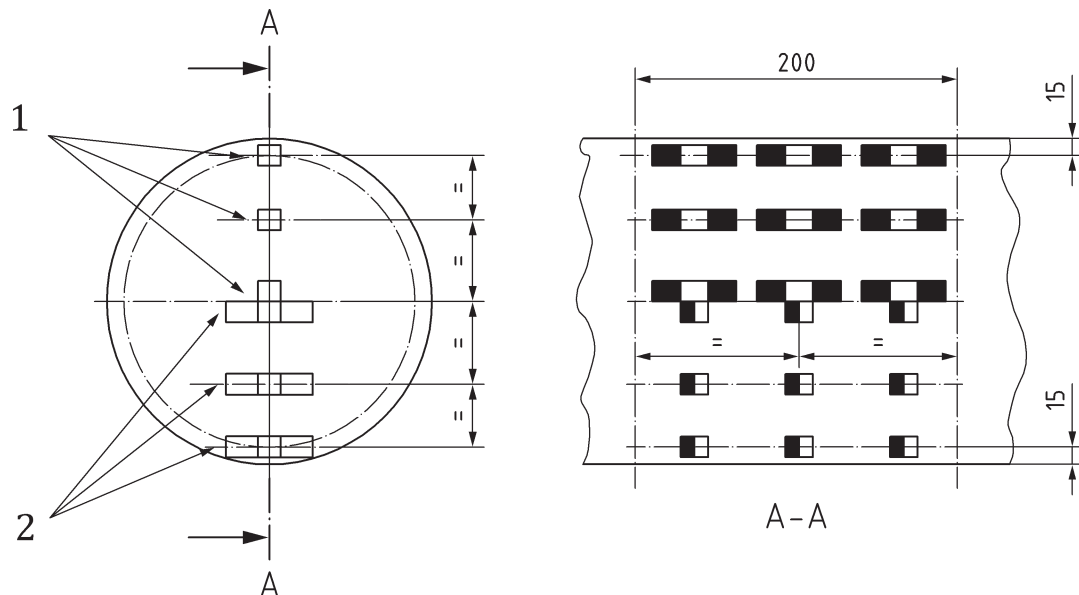
wie in den Bildern 2 a) und b) angegeben.

Wenn in der technischen Spezifikation festgelegt, kann bei geschmiedeten Radsatzwellen eine Probennahme auch, wie in Anhang A spezifiziert, aus einer Überlänge an den Radsatzwellenschenkeln erfolgen.

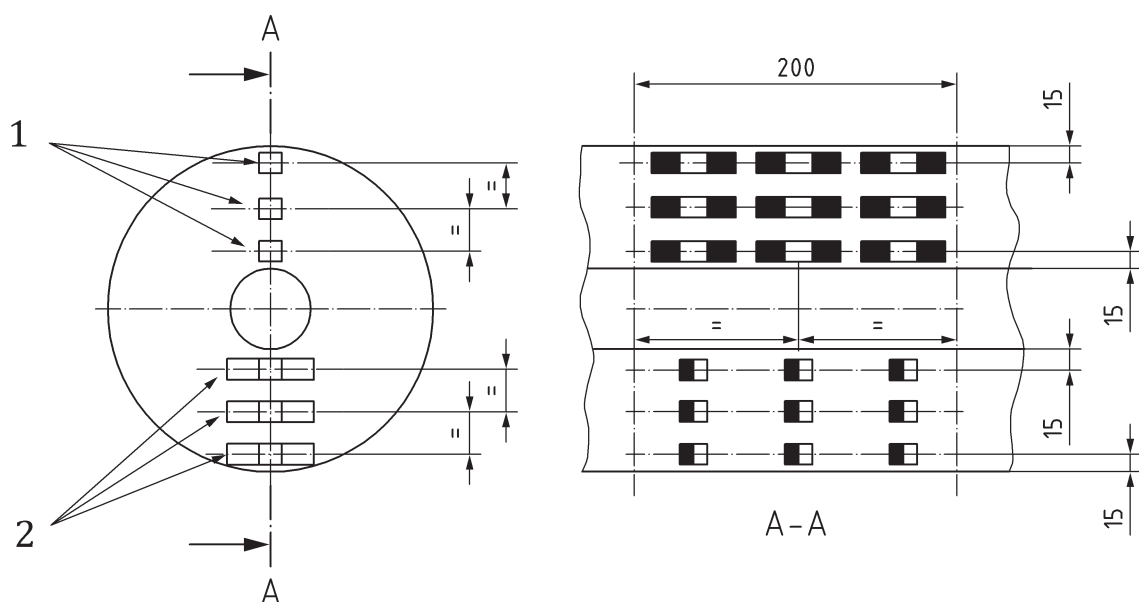
4.2.2.3 Prüfverfahren

Der Kerbschlagbiegeversuch muss nach EN ISO 148-1 durchgeführt werden.

Maße in Millimeter



a) Vollwelle



b) Hohlwelle

Legende

- 1 Längsprobe
- 2 Querprobe

Bild 2 — Probenlage

4.2.3 Dauerfestigkeitseigenschaften

4.2.3.1 Allgemeines

4.2.3.1.1 Einleitung

Die Überprüfung der Dauerfestigkeitseigenschaften ist für die richtige Auslegung einer Radsatzwelle von wesentlicher Bedeutung. Die einwandfreie Funktion der Radsatzwelle im Betrieb hängt von diesen Eigenschaften ab. Die in diesen Abschnitten angegebenen Werte werden als Referenzen zur Berechnung der höchstzulässigen Spannungen herangezogen, die in dem Konstruktionsverfahren nach EN 13103-1 Anwendung finden.

Um die Sicherheit für das Verhalten der Radsatzwelle unter Betriebsbeanspruchungen zu erhalten, ist es notwendig, die Werte der Dauerfestigkeitsgrenzen nach den zwei folgenden Gesichtspunkten zu bewerten:

- hinsichtlich des Werkstoffs - durch Versuche an Proben mit reduzierten Abmessungen (Kleinproben), deren Form nicht von der Geometrie des Produkts abhängt;
- hinsichtlich des Produkts – durch Versuche an Proben im Maßstab 1 : 1, deren Abmessungen und Herstellung für das Endprodukt und dessen zulässige Herstellungsmängel repräsentativ sind.

4.2.3.1.2 Dauerfestigkeitsgrenzen an Kleinproben

Dauerfestigkeitsgrenzen, die an Kleinproben ermittelt werden, dienen der Überprüfung dahingehend, ob die Kerbempfindlichkeit des zur Herstellung verwendeten Werkstoffes der Radsatzwelle mit dem Sicherheitsbeiwert „S“ nach dem Konstruktionsverfahren der Norm EN 13103-1 übereinstimmt. Sie werden bestimmt:

- an einer glatten Probe (Dauerfestigkeitsgrenze R_{fL});
- an einer gekerbten Probe (Dauerfestigkeitsgrenze R_{fE}).

4.2.3.1.3 Dauerfestigkeitsgrenzen an Proben im Maßstab 1 : 1

Dauerfestigkeitsgrenzen, die an Proben im Maßstab 1 : 1 bestimmt werden, dienen der Überprüfung dahingehend, ob die Dauerfestigkeitseigenschaften der Radsatzwelle mit den Eigenschaften übereinstimmen, die für die Berechnung der höchstzulässigen Spannungen eingesetzt werden, die in dem Konstruktionsverfahren der Norm EN 13103-1 gegeben sind.

Diese Dauerfestigkeitsgrenzen charakterisieren die verschiedenen Bereiche der Radsatzwelle. Im vorliegenden Dokument werden nur die Dauerfestigkeitsgrenzen berücksichtigt, die sich auf den Radsatzwellenschaft der Radsatzwelle beziehen.

ANMERKUNG Die Grenzen, die den Wellensitz der Radsatzwelle charakterisieren, sind zum Teil abhängig vom Fügen und werden in der EN 13260 behandelt.

Es ist erforderlich, zwei Dauerfestigkeitsgrenzen festzulegen:

- auf der Schaftoberfläche, Grenzwert F_1 ;
- auf der Bohrungsoberfläche bei Hohlwellen, Grenzwert F_2 . Der Grenzwert F_2 muss für die in die Stahlgüten, die im Anwendungsbereich dieses Dokuments genannt werden, nicht geprüft werden.

4.2.3.2 Zu erreichende Werte

Die zu erreichenden Werte sind in Tabelle 4 festgelegt.

Tabelle 4 — Dauerfestigkeitsgrenzen

Stahlgüte	F_1 MPa	F_2 MPa	R_{fL} MPa	R_{fE} MPa	$q = R_{fL} / R_{fE}^a$ (Informative Werte)
EA1N	≥ 200	≥ 80	≥ 250	≥ 170	$\leq 1,47$
EA1T	≥ 200	≥ 80	≥ 250	≥ 170	$\leq 1,47$
EA4T	≥ 240	≥ 96	≥ 350	≥ 215	$\leq 1,63$

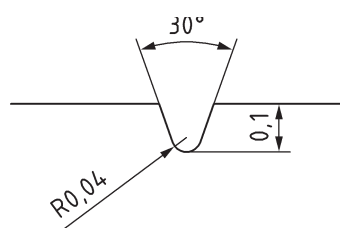
^a Die Dauerfestigkeitsgrenzen der glatten und gekerbten Proben in Tabelle 4 werden als Bezugswert für die Berechnung der Sicherheitsfaktoren in der EN 1303-1 verwendet, die gültig sind für: $q \leq 1,47$ für EA1N und EA1T und $q \leq 1,63$ für EA4T.

4.2.3.3 Proben für die Dauerfestigkeitsprüfung

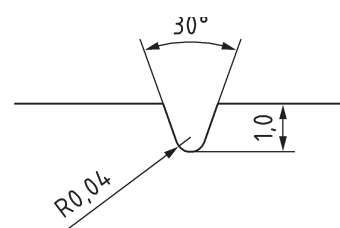
Zur Bestimmung von F_1 und F_2 müssen die Proben im Anrissbereich eine Geometrie und eine Oberflächenbeschaffenheit ähnlich denen in dem zu charakterisierenden Bereich der Radsatzwelle aufweisen. Zur Bestimmung von F_2 muss die Probenfläche mit einer 1 mm tiefen Kerbe, wie in Bild 3 b) dargestellt, versehen sein. Die Kerbe muss sich dabei an der Außenseite der Probe befinden. Alle diese Proben müssen aus demselben Fertigungsverfahren stammen, das auch für die Radsatzwellen zur Anwendung gekommen ist.

Zur Bestimmung von R_{fL} und R_{fE} muss der Durchmesser der Proben im Anrissbereich in der Größenordnung von 10 mm liegen. Die Oberflächenrauheit (R_a) des Prüfstücks zur Bestimmung von R_{fL} ist kleiner oder gleich $0,4 \mu\text{m}$. Die Kerbe zur Ermittlung von R_{fE} weist eine Form gleich der in Bild 3 a) auf. Diese Proben werden so nahe wie möglich an der Schaftoberfläche der Radsatzwelle entnommen.

Maße in Millimeter



a) Kerbe zur Bestimmung von R_{fE}



b) Kerbe zur Bestimmung von F_2

Bild 3 — Kerben in den Prüfstücken zur Bestimmung der Dauerfestigkeit

Musterzeichnungen für Proben im Maßstab 1 : 1 und Kleinproben sind in Anhang B enthalten.

4.2.3.4 Prüfverfahren

Die Prüfungen müssen mit Prüfständen durchgeführt werden, die Umlaufbiegespannungen in den Anrissbereichen erzeugen können.

Für jeden Grenzwert F_1 und F_2 muss an jeweils drei Proben nachgewiesen werden, dass nach 10^7 Lastspielen bei Oberflächenspannungen gleich F_1 oder F_2 keinerlei Risse entstanden sind. Die Spannungswerte sind Nennspannungen und sind nach den Methoden der klassischen Balkentheorie in Verbindung mit den in Anhang B festgelegten Standardprüfproben zu berechnen. Alternativ können die lokalen Spannungen mit Dehnungsmessstreifen gemessen werden. Diese lokalen Spannungen müssen in dem Querschnitt, in dem der Ermüdungsriss startet, durch Anwendung von Spannungskonzentrationsfaktoren in zu verifizierende Nennspannungen umgerechnet werden. Die Spannungskonzentrationsfaktoren müssen durch einen statischen Versuch bestimmt werden.

R_{fL} und R_{fE} müssen mit 10^7 Lastspielen mit einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 50 % ermittelt werden, was für jeden Grenzwert mindestens 15 Proben und ein statistisches Auswertungsverfahren erfordert.

Die Anzahl der zur Probenahme erforderlichen Radsatzwellen kann in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

4.3 Mikrografische Gefügeeigenschaften

4.3.1 Zu erreichende Werte

Für die Stahlgüten EA1N und EA1T muss das Mikrogefüge ferritisch-perlitisch sein.

Die Stahlgüte EA4T besteht aus einem getemperten Mikrogefüge vom Typ bainitisch-martensitisch. Ferritspuren dürfen vorhanden sein.

Die Korngröße der Stahlgüten EA1N, EA1T und EA4T (austenitische Korngröße) muss der Korngröße im Bild von Typ 5 der EN ISO 643:2012, Anhang B, entsprechen oder feiner sein.

4.3.2 Probenlage

Die Proben müssen in dem Bereich mit dem größten Durchmesser der Radsatzwelle auf einer ebenen Fläche von 200 mm^2 senkrecht zum Pfeil F, zentriert auf dem halben Radius bei Vollwellen bzw. in der Mitte zwischen Außen- und Innenfläche bei Hohlwellen – wie in Bild 4 dargestellt – entnommen werden.

Wenn in der technischen Spezifikation festgelegt, kann bei geschmiedeten Radsatzwellen eine Probennahme auch, wie in Anhang A spezifiziert, aus einer Überlänge an den Radsatzwellenschenkeln erfolgen.

4.3.3 Prüfverfahren

Die Prüfungen müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 643 durchgeführt werden.

4.4 Reinheitsgrad

4.4.1 Mikrographischer Reinheitsgrad

4.4.1.1 Zu erreichender Reinheitsgrad

Der Reinheitsgrad muss mittels mikrographischer Untersuchung – wie nach 4.4.1.2 und 4.4.1.3 beschrieben – bestimmt werden. Die Maximalgehalte an Einschlüssen sind in Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5 — Maximalgehalte an Einschlüssen für dicke und dünne Serien

Art der Einschlüsse	Kategorie 1		Kategorie 2	
	dicke Serien (max.)	dünne Serien (max.)	dicke Serien (max.)	dünne Serien (max.)
A (Schwefel)	1,5	1,5	1,5	2
B (Aluminate)	1	1,5	1,5	2
C (Silicate)	1	1,5	1,5	2
D (Globulare Oxide)	1	1,5	1,5	2
B + C + D	2	3	3	4
DS	1,5		2	

4.4.1.2 Lage der mikrographischen Probe

Die Probenlage ist in Bild 4 angegeben.

Die Prüfung muss an einem Längsschnitt von 200 mm² senkrecht zum Pfeil F, zentriert auf dem halben Radius bei Vollwellen bzw. in der Mitte zwischen Außen- und Innenfläche bei Hohlwellenvorgenommen werden. Die Proben müssen in dem Bereich mit dem größten Durchmesser der Radsatzwelle entnommen werden.

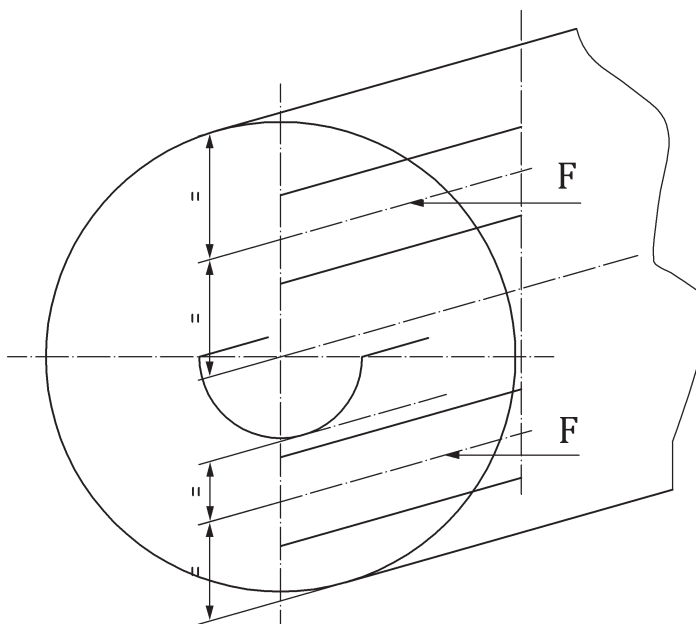


Bild 4 — Probenlage zur mikrographischen Prüfung (Vollwelle und Hohlwelle)

Wenn in der technischen Spezifikation festgelegt, kann bei geschmiedeten Radsatzwellen eine Probennahme auch, wie in Anhang A spezifiziert, aus einer Überlänge an den Radsatzwellenschenkeln erfolgen.

4.4.1.3 Prüfverfahren

Die Reinheitsgradbestimmung muss nach ISO 4967:2013, Verfahren A erfolgen.

4.4.2 Innere Fehlerfreiheit

4.4.2.1 Allgemeines

Die innere Fehlerfreiheit der Radsatzwellen im vorgedrehten oder fertigbearbeiteten Zustand muss durch Ultraschallprüfung unter Anwendung einer automatischen Prüfeinrichtung bestimmt werden. Standardfehler sind Flachbodenbohrungen verschiedener Tiefen.

4.4.2.2 Einzuhaltende Grenzen

Die Radsatzwellen dürfen keine gleich großen oder größeren inneren Fehler als die von den Flachbodenbohrungen in gleicher Tiefe angezeigten aufweisen. Der Durchmesser dieser Standardfehler muss bei Radsatzwellen der Kategorie 1 2 mm und bei Radsatzwellen der Kategorie 2 3 mm betragen. Eine Schwächung des Rückwandechos aufgrund von Inhomogenitäten oder inneren Fehlern größer als 4 dB ist unzulässig.

4.4.2.3 Probe

Die der Prüfung unterzogene Probe muss aus der Radsatzwelle selbst nach Wärmebehandlung und mechanischer Bearbeitung vor Aufbringen der Beschichtung bestehen.

Wenn die Radsatzwellen im vorgedrehten Zustand einer radialen Untersuchung unterzogen werden, ist es nicht erforderlich, sie im fertig bearbeiteten Zustand erneut zu untersuchen.

4.4.2.4 Prüfverfahren

Die innere Fehlerfreiheit von Radsatzwellen muss durch Ultraschallprüfung über den Durchmesser (Quereinschallung) nach der Da-Methode nach ISO 5948:2018 nachgewiesen werden. Mit Ausnahme einiger Bereiche (Radienübergänge, Mulden usw.) muss die gesamte Radsatzwelle entsprechend der technischen Spezifikation geprüft werden.

4.5 Ultraschalldurchlässigkeit

4.5.1 Allgemeines

Die Schalldurchlässigkeit muss die Durchführbarkeit von Ultraschallprüfungen im Betrieb sicherstellen. Sie wird nach vorheriger Kalibrierung des Messgerätes anhand des an der Radsatzwelle aufgezeichneten Ansprechvermögens überprüft.

4.5.2 Einzuhaltende Grenzen

Das an den zu prüfenden Radsatzwellen erreichte Rückwandecho muss, nach Vorkalibrierung der Prüfeinrichtung auf den in Anhang C beschriebenen Vergleichskörper, eine Amplitude aufweisen, die größer oder gleich 50 % der vollen Bildschirmhöhe ist. Die Höhe des Hintergrundrauschens muss kleiner 10 % der vollen Bildschirmhöhe sein.

4.5.3 Probe

Die der Prüfung unterzogene Probe muss aus der Radsatzwelle selbst nach vollständiger Wärmebehandlung bestehen.

Zum Zeitpunkt der Prüfung muss der Oberflächenzustand der Wellenschenkelstirnseiten dem Lieferzustand ohne Beschichtung entsprechen.

Die Prüfung erfolgt vor der Kennzeichnung der Radsatzwelle und vor dem Gewindebohren zur Befestigung der Wellenverschlüsse. Der Oberflächenzustand Ra der Wellenschenkelstirnseiten darf $12,5 \mu\text{m}$ nicht überschreiten.

Wenn die Geometrie, die Abmessungen und der Endzustand der Oberfläche der Wellenschenkelstirnseiten eine effektive Messung zulassen, kann die Prüfung nach der Kennzeichnung des Radsatzes und nach der Gewindebohrung zur Befestigung der Wellenabschlusskappen erfolgen.

4.5.4 Prüfverfahren

Die Ultraschalldurchlässigkeit muss durch Längseinschallung der Radsatzwelle nach ISO 5948:2018 nach dem Verfahren T nachgewiesen werden.

Andere Messverfahren zur Ultraschalldurchlässigkeit können verwendet werden (z. B. Radialmessung). Diese gelten jedoch als zusätzliche Verfahren zur Längsmessung und müssen gegebenenfalls in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Werden die Prüfungen nicht mit einem automatisierten Verfahren durchgeführt, muss die Messung an mindestens 6 gleichmäßig über den gesamten Wellenschenkelquerschnitt der Radsatzwelle verteilten Punkten ausgeführt werden.

Die zu verwendenden Prüfköpfe sind piezo-elektrische Aufnehmer, Sender und Empfänger, aus Quarz oder Bariumtitanat BaTi mit rundem oder rechteckigem Querschnitt (zwischen 80 mm^2 und 450 mm^2). Ihre Frequenz und die in unmittelbarer Nähe der Flachbodenbohrung $\varnothing 1 \text{ mm}$ zu erreichende Echohöhe am Vergleichskörper sind für jede Radsatzwellenkategorie in Tabelle 6 beschrieben. Bei diesen Einstellungen darf das Hintergrundrauschen 5 % der vollen Bildschirmhöhe nicht überschreiten.

Für diese Prüfung muss das Gerät mit schmalen Frequenzbändern, zentriert auf die Nennfrequenzen „ F_n “ so arbeiten, dass das Band mit einer Abschwächung von 3 dB bezogen auf das Frequenzsignal F_n zwischen $F_n - 20 \%$ und $F_n + 20 \%$ liegt.

Tabelle 6 — Einstellungen zur Untersuchung der Durchlässigkeit

	Kategorie 1	Kategorie 2
Frequenz F_n	5 MHz	2 MHz bis 3 MHz
Kalibrierbedingungen (% volle Bildschirmhöhe)	90 %	40 %

Werden andere Prüfköpfe verwendet, müssen die Einstellungsbedingungen und die zu erreichenden Werte in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Eine Empfehlung für die Lage der Messpunkte wird in Anhang D gegeben.