

DIN EN 13261



ICS 45.040

Entwurf

Einsprüche bis 2018-08-08
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13261:2011-01

**Bahnanwendungen –
Radsätze und Drehgestelle –
Radsatzwellen – Produktanforderungen;
Deutsche und Französische Fassung prEN 13261:2018**

Railway applications –
Wheelsets and bogies –
Axles – Product requirements;
German and French version prEN 13261:2018

Applications ferroviaires –
Essieux montés et bogies –
Essieux-axes – Prescription pour le produit;
Version allemande et française prEN 13261:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-06-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF), Panoramaweg 1, 34131 Kassel.

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

Gesamtumfang 139 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13261:2018) 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).

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

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.

Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Radsatzwellen — Produktanforderungen

Applications ferroviaires — Essieux montés et bogies — Essieux-axes — Prescription pour le produit

Railway applications — Wheelsets and bogies — Axles — Product requirements

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9d

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Produktbeschreibung	9
4.1 Chemische Zusammensetzung	9
4.1.1 Zu erreichende Werte	9
4.1.2 Probenahmeverfahren	9
4.1.3 Analyseverfahren	9
4.2 Mechanische Eigenschaften	9
4.2.1 Eigenschaften ausgehend vom Zugversuch	9
4.2.2 Eigenschaften ausgehend vom Kerbschlagbiegeversuch	11
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	16
4.4.1 Mikrographischer Reinheitsgrad	16
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	18
4.5.4 Prüfverfahren	19
4.6 Eigenspannungen	19
4.6.1 Allgemeines	19
4.6.2 Zu erreichende Werte	19
4.6.3 Probe und Lokalisierung der Messpunkte	20
4.6.4 Messverfahren	20
4.7 Oberflächeneigenschaften	20
4.7.1 Oberflächenzustand	20
4.7.2 Oberflächenbeschaffenheit	23
4.8 Form- und Maßtoleranzen	24
4.9 Schutz gegen Korrosions 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	36
A.2.1	Überlänge mit einem Durchmesser, der jenem des Schenkeldurchmesser entspricht	36
A.2.2	Überlänge mit einem Durchmesser über jenem des Schenkeldurchmesser	37
Anhang B (informativ) Zeichnungen der Prüfstücke		38
Anhang C (normativ) Standardvergleichskörper für Ultraschalldurchlässigkeit		41
C.1	Standardvergleichskörper	41
C.2	Toleranzen des Standardvergleichskörpers	43
C.3	Stahlgüte des Standardvergleichskörpers	43
Anhang D (informativ) Lage der Messbereiche für die Ultraschalldurchlässigkeit		44
Anhang E (informativ) Messung der Eigenspannungen mittels Dehnungsmessstreifen und Sägeschnittverfahren		45
Anhang F (informativ) Strahlverfahren nach mechanischer Bearbeitung		46
F.1	Grundsätze des Strahlens	46
F.2	Anforderungen	46
F.2.1	Strahlmittel	46
F.2.2	Härte	46
F.2.3	Rauigkeit	46
F.2.4	Überdeckungsgrad	46
F.2.5	Dauerfestigkeit	46
F.3	Parameter	47
F.4	Qualifizierung des Strahlverfahrens	47
Anhang G (normativ) Bestimmung des Einschlagwiderstands der Beschichtung		48
G.1	Grundsätze	48
G.2	Probe	48
G.3	Gerät	48
G.4	Vorgehensweise	48
G.5	Aufzeichnung der Ergebnisse	48
Anhang H (normativ) Bestimmung der Beständigkeit der Beschichtung gegenüber Strahlmitteln		49
H.1	Grundsätze	49
H.2	Probe	49
H.3	Gerät	49
H.4	Vorgehensweise	49
H.5	Aufzeichnung der Ergebnisse	49
Anhang I (normativ) Bestimmung der Beständigkeit der Beschichtung gegenüber speziellen korrosiven Produkten		50
I.1	Grundsätze	50
I.2	Probe	50
I.3	Gerät	50
I.4	Korrosive Produkte	50
I.5	Vorgehensweise	51
I.6	Aufzeichnung der Ergebnisse	51
Anhang J (normativ) Methode zur Bestimmung der Beständigkeit der Beschichtung gegenüber zyklischen mechanischen Beanspruchungen		52
J.1	Zweck	52
J.2	Grundsätze	52
J.3	Probe	52
J.4	Gerät	52
J.5	Vorgehensweise	52
J.6	Aufzeichnung der Ergebnisse	53
Anhang K (normativ) Produktqualifizierung		54

K.1	Einleitung	54
K.2	Allgemeines	54
K.3	Anforderungen	55
K.3.1	Anforderungen an den Hersteller	55
K.3.2	Anforderungen an das Produkt	55
K.4	Qualifizierungsverfahren	56
K.4.1	Allgemeines	56
K.4.2	Erforderliche Dokumentation	56
K.4.3	Bewertung der Fertigungseinrichtungen und der Fertigungsschritte	56
K.4.4	Laborprüfungen	57
K.5	Gültigkeit der Qualifizierung	57
K.5.1	Geltungsbereich	57
K.5.2	Änderungen und Erweiterungen	57
K.5.3	Übertragung	57
K.5.4	Erlöschen der Qualifizierung	58
K.5.5	Entzug der Qualifizierung	58
K.6	Qualifizierungsdokumente	58
Anhang L (normativ) Produktlieferbedingungen		59
L.1	Einleitung	59
L.2	Allgemeines	59
L.3	Lieferzustand	60
L.4	Vorgeschriebene Einzelprüfungen	60
L.5	Losweise Prüfung	60
L.5.1	Prüfungen	60
L.5.2	Ultraschalldurchlässigkeit	61
L.5.3	Oberflächenzustand	61
L.5.4	Sichtprüfung	62
L.6	Qualitätsplan	62
L.6.1	Allgemeines	62
L.6.2	Ziele	62
L.6.3	Anwendungsmodalitäten des Qualitätsplans	62
L.7	Zulässige Nacharbeiten	62
L.7.1	Allgemeines	62
L.7.2	Wärmebehandlung	63
L.7.3	Wiederholung des Versuchs	63
L.7.4	Richten der Radsatzwellen	63
L.7.5	Wiederholung der Bearbeitung	63
Anhang M (normativ) Bestimmung des Wasserstoffgehalts von Stählen für Radsatzwellen bei der Stahlherstellung		64
M.1	Allgemeines	64
M.2	Probenahme	64
M.3	Analysenverfahren	64
M.4	Durchführungsbestimmungen	64
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2008/57/EG		65
Literaturhinweise		68

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13261:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13261:2009+A1:2010 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.

Zum Zusammenhang mit der EU-Richtlinie 2008/57/EG 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.

Einleitung

- a) 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 Ergänzungen wie z. B. Ergebnisse aus europäischen Projekten.
- b) Die drei Normen zu den Produktanforderungen von Radsätzen, Rädern und Radsatzwellen wurden harmonisiert.
- c) Darüber hinaus wurden die Anhänge bezüglich der Produktqualifizierung und bezüglich der Produktlieferbedingungen, die bisher informativ waren, unter Berücksichtigung des Erfahrungsrückflusses geändert und sind nunmehr normativ.
- d) Außerdem verlangen die TSI „Güterwagen“ und „Lokomotiven und Reisezugwagen“, dass ein Prüfungsprozess für die bestehende Produktion existieren muss.

1 Anwendungsbereich

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

Das vorliegende Dokument kann auch auf Stadtbahnanwendungen und Straßenbahnen angewendet werden.

Sie legt die Eigenschaften von geschmiedeten oder gewalzten Radsatzwellen aus vakuumementgastem Stahl der Güten EA1N¹⁾, EA1T¹⁾ und EA4T¹⁾ fest. Für hohlgebohrte Radsatzwellen gilt diese Norm nur, wenn diese durch mechanische Bearbeitung der Bohrung in einer geschmiedeten oder gewalzten ganzen Radsatzwelle hergestellt werden.

Es werden zwei Kategorien von Radsatzwellen definiert, Kategorie 1 und Kategorie 2. Die Kategorie 1 wird generell dann verwendet, wenn die Fahrgeschwindigkeit über 200 km/h liegt.

Dieses Dokument gilt für Radsatzwellen, deren Konstruktion den in EN 13103 und EN 13104 festgelegten Anforderungen entspricht.

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

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

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

EN 22768-1, *Allgemeintoleranzen — Teil 1: Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung (ISO 2768-1:1989)*

EN 22768-2, *Allgemeintoleranzen — Teil 2: Toleranzen für Form und Lage ohne einzelne Toleranzeintragung (ISO 2768-2:1989)*

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

EN ISO 643:2003, *Stahl — Mikrophotographische Bestimmung der erkennbaren Korngröße (ISO 643:2003)*

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

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

EN ISO 4624:2003, *Beschichtungsstoffe — Abreißversuch zur Bestimmung der Haftfestigkeit (ISO 4624:2002)*

1) N für einen normalisierten metallurgischen Zustand;

T für einen gehärteten und getemperten metallurgischen Zustand.

EN ISO 6507-1:2006, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Vickers — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6507-1:2005)*

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 16276-2:2007)*

ISO 4967:1998, *Steel — Determination of content of nonmetallic inclusions — Micrographic method using standard diagrams*

ISO 5948:1994, *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:

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

3.1 technische Spezifikation

Dokument, das spezielle Parameter und/oder Produktanforderungen zusätzlich zu den Anforderungen dieses Dokumentes beschreibt

3.2

Los

ein Los besteht 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, der demselben Warmverformungsprozess und demselben Wärmebehandlungsverfahren 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.

2) siehe auch CEN/TR 10261.

4 Produktbeschreibung

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 (%)

Stahl güte	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 nach dem Stahlherstellungsverfahren vereinbart werden, um vor Wasserstoff-Versprödung zu schützen.										

4.1.2 Probenahmeverfahren

Die Proben sind bei Vollwellen am halben Radius bzw. bei Hohlwellen in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche zu entnehmen.

Die chemische Zusammensetzung kann alternativ aus der Schmelzenanalyse bestimmt werden.

Wenn in der technischen Spezifikation festgelegt kann bei geschmiedeten Radsatzwellen die Probenahme 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 oder gleichwertig beschriebenen Verfahren und Anforderungen durchgeführt werden.

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 N/mm ²	R_m N/mm ²	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

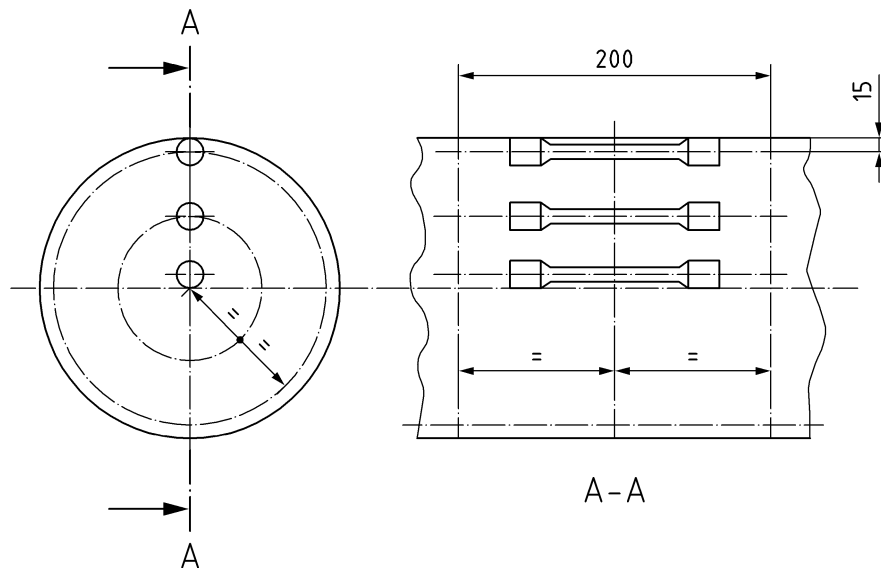
Die Proben sind in drei Ebenen in dem Bereich mit dem größten Durchmesser der Radsatzwelle zu entnehmen:

- 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;

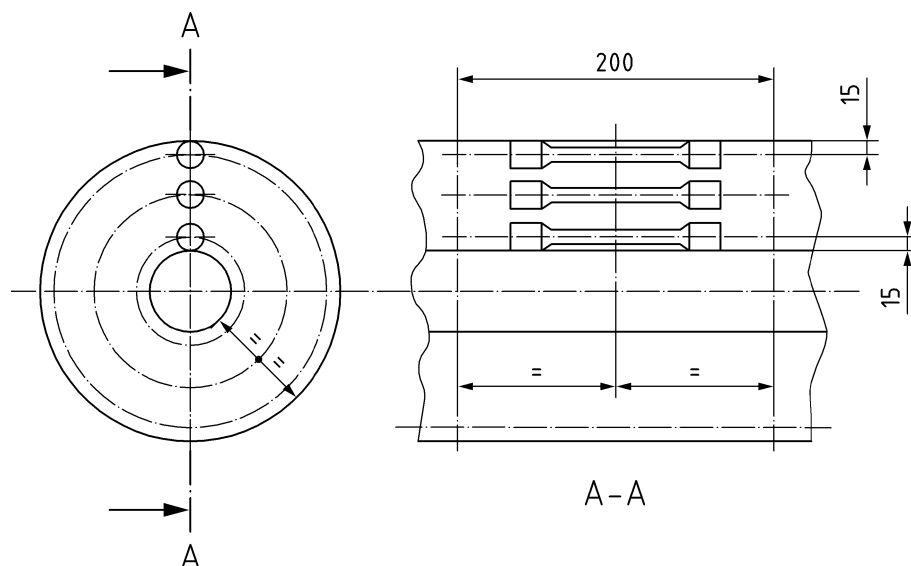
wie in den Bildern 1a) und b) angegeben.

Wenn in der technischen Spezifikation festgelegt kann bei geschmiedeten Radsatzwellen die Probenahme 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 ist nach EN ISO 6892-1 durchzuführen. Der Probendurchmesser muss im verjüngten Bereich 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 sind bei 20 °C in Längs- und Querrichtung der Radsatzwelle zu ermitteln. Die am halben Radius bei Vollwellen bzw. in der Mitte zwischen Innen- und Außenfläche bei Hohlwellen zu erreichenden Werte sind in Tabelle 3 angegeben.

Die nahe der Außenfläche 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.

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

Kein Einzelwert darf unterhalb 70 % der Werte in Tabelle 3 liegen.

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

Stahlgüte	<i>KU</i> längs bei 20 °C J	<i>KU</i> quer bei 20 °C J
EA1N	≥ 30	≥ 20
EA1T	≥ 40	≥ 25
EA4T	≥ 40	≥ 25

4.2.2.2 Probenlage

Die Proben sind in drei Ebenen in dem Bereich mit dem größten Durchmesser der Radsatzwelle zu entnehmen:

- 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;

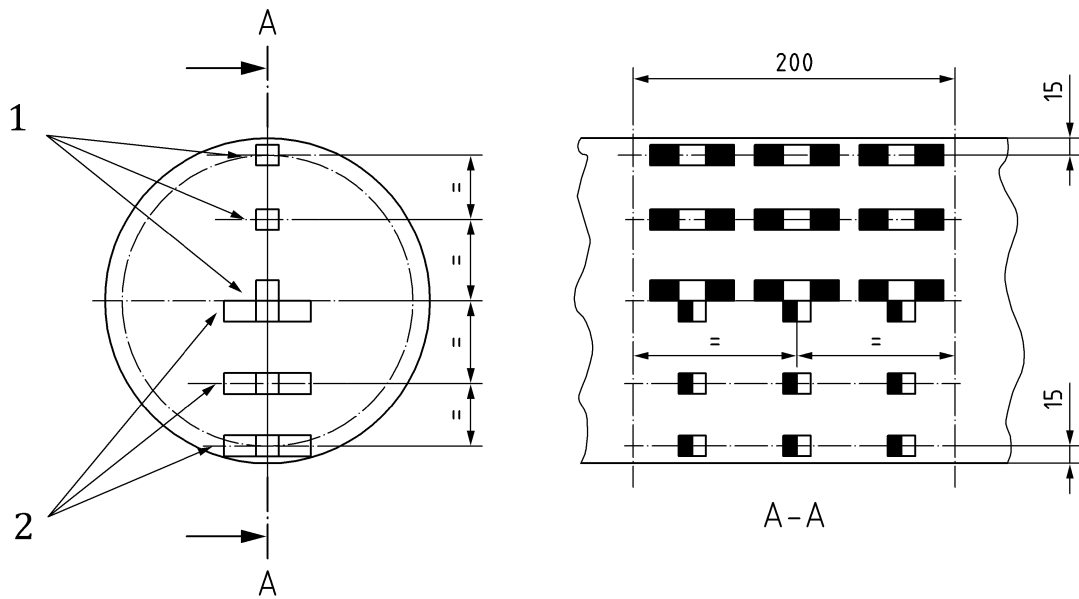
wie in den Bildern 2a) und b) angegeben.

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

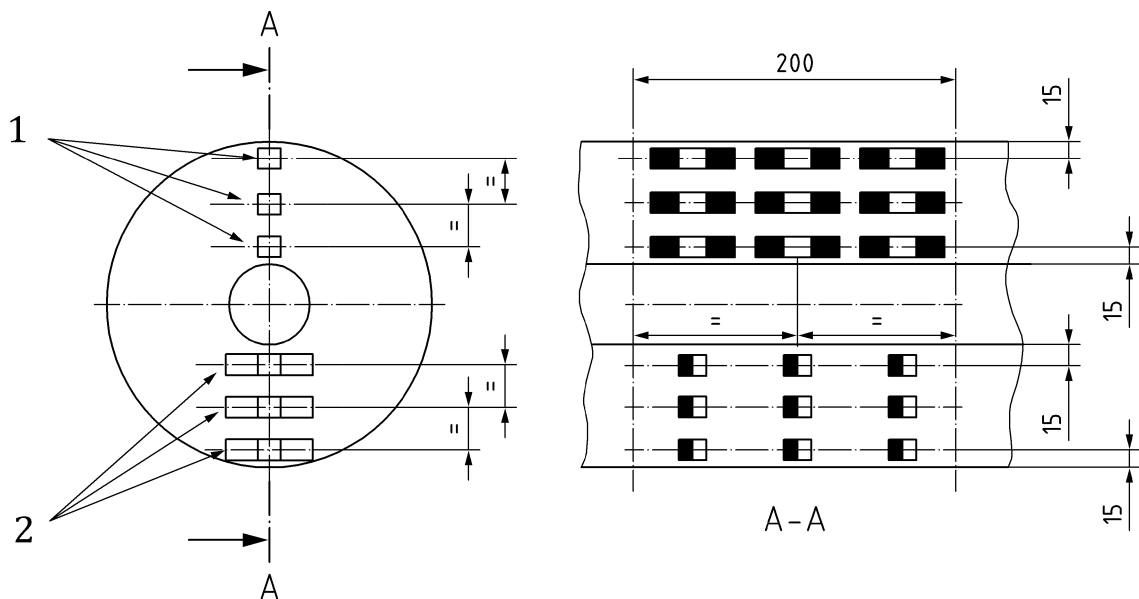
4.2.2.3 Prüfverfahren

Der Kerbschlagbiegeversuch ist nach EN ISO 148-1 durchzuführen.

Maße in Millimeter



a) Vollwelle



b) Hohlwelle

Legende

- 1 Prüfstück längs
- 2 Prüfstück quer

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 diesem Abschnitt angegebenen Werte werden als Referenzen zur Berechnung der höchstzulässigen Spannungen herangezogen, die in den Konstruktionsregeln nach EN 13103 und EN 13104 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:

- aus werkstoffkundlicher Sicht durch Versuche an Proben mit reduzierten Abmessungen (Kleinproben), deren Form nicht von der Geometrie des Produkts abhängt;
- aus der Sicht des Produkts durch Versuche an Proben im Maßstab 1 : 1, deren Abmessungen und Fertigung für das Endprodukt und dessen zulässige Fertigungsmängel repräsentativ sind.

4.2.3.1.2 Dauerfestigkeitsgrenzen an Kleinproben

Dauerfestigkeitsgrenzen, die an Proben mit reduzierten Abmessungen ermittelt werden, dienen der Überprüfung dahingehend, ob die Kerbempfindlichkeit des zur Fertigung verwendeten Werkstoffes der Radsatzwelle mit dem Sicherheitsbeiwert „5“ nach den Konstruktionsnormen EN 13103 und EN 13104 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 denen übereinstimmen, die für die Berechnung der höchstzulässigen Spannungen eingesetzt werden, die in den Konstruktionsnormen EN 13103 und EN 13104 gegeben sind.

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

ANMERKUNG Die Dauerfestigkeitsgrenzen, die für Wellensitze der Radsatzwelle gelten, 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 diesem Dokument spezifizierten Stahlgüten nicht bestimmt werden.

4.2.3.2 Zu erreichende Werte

Die zu erreichenden Werte müssen denen in Tabelle 4 entsprechen.

Tabelle 4 — Dauerfestigkeitsgrenzen

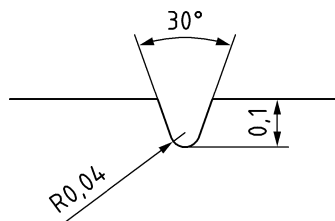
Stahlgüte	F_1	F_2	R_{fL}	R_{fE}
EA1N	$\geq 200 \text{ N/mm}^2$	$\geq 80 \text{ N/mm}^2$	$\geq 250 \text{ N/mm}^2$	$\geq 170 \text{ N/mm}^2$
EA1T	$\geq 200 \text{ N/mm}^2$	80 N/mm^2 $\geq 80 \text{ N/mm}^2$	$\geq 250 \text{ N/mm}^2$	$\geq 170 \text{ N/mm}^2$
EA4T	$\geq 240 \text{ N/mm}^2$	$\geq 96 \text{ N/mm}^2$	$\geq 350 \text{ N/mm}^2$	$\geq 215 \text{ N/mm}^2$

4.2.3.3 Proben für die Dauerfestigkeitsprüfung

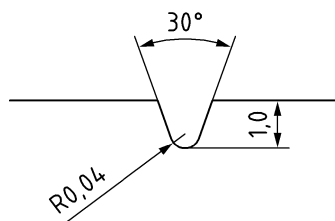
Zur Bestimmung von F_1 und F_2 müssen die Proben im Anrissbereich eine ähnliche Geometrie und eine Oberflächenrauheit denen in dem zu bestimmenden Bereich für Radsatzwellen aufweisen. Zur Bestimmung von F_2 muss die Probenfläche mit einer 1 mm tiefen Kerbe, wie in Bild 3 b) dargestellt, versehen sein.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

Zur Bestimmung von R_{fL} und R_{fE} muss der Durchmesser der Proben im Anrissbereich in der Größenordnung von 10 mm liegen. Die Rauigkeit (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 Prüfung 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 ist an jeweils drei Proben nachzuweisen, dass nach 10^7 Lastspielen bei Oberflächenspannungen gleich F_1 oder F_2 keinerlei Risse entstehen. Die Spannungswerte sind nach den klassischen Methoden der Balkentheorie zu berechnen, sofern diese angewendet werden kann. Andernfalls müssen die Spannungen in den Anrissbereichen mit Dehnungsmessstreifen gemessen werden.

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

ANMERKUNG 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 bainitisch-martensitischen Mikrogefüge. Ferritspuren können gefunden werden.

Die Korngröße der Stahlgüten EA1N, EA1T und EA4T muss der Korngröße im Bild von Typ 5 der EN ISO 643:2003, Anhang B entsprechen oder feiner sein.

4.3.2 Probenlage

Die Proben müssen aus dem Bereich mit dem größten Durchmesser der Radsatzwelle mit einer ebenen Fläche von 200 mm² senkrecht zum Pfeil F, aus 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 die Probenahme 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 ist mittels mikrografischer Untersuchung, wie in 4.4.1.2 und 4.4.1.3 beschrieben, zu bestimmen. Die Maximalwerte 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		1,5	

4.4.1.2 Lage der mikrographischen Probe

Die Position des Prüfbereichs ist Bild 4 zu entnehmen.

Die Prüfung ist in Längsschnittebenen von 200 mm² senkrecht zum Pfeil F, aus dem halben Radius bei Vollwellen bzw. in der Mitte zwischen Außen- und Innenfläche bei Hohlwellen vorzunehmen. Die Proben sind in dem Bereich mit dem größten Durchmesser der Radsatzwelle zu entnehmen.

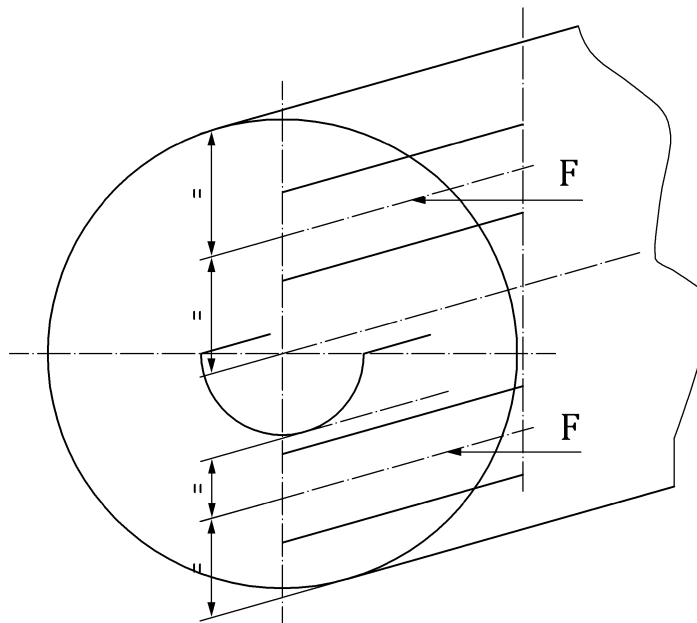


Bild 4 — Probelage zur mikrographischen Untersuchung

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

4.4.1.3 Prüfverfahren

Die Reinheitsgradbestimmung muss nach ISO 4967:1998, 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 Ultraschall-Prüfung unter Anwendung einer automatischen Prüfeinrichtung bestimmt werden. Standardfehler sind Flachbodenbohrungen verschiedener Tiefen.

4.4.2.2 Einzuhaltende Grenzen

Die Radsatzwellen dürfen keine inneren Fehler anzeigen, die eine gleich große oder größere Fehlerechöhe als die von den Flachbodenbohrungen in gleicher Tiefe aufweisen. Der Durchmesser der 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 Prüfung muss an den Radsatzwellen selbst nach Wärmebehandlung und Fertigbearbeitung vor Aufbringung der Beschichtung durchgeführt werden.

Wenn Radsatzwellen im vorbearbeiteten Zustand einer radialen Prüfung unterzogen wurden, ist es nicht erforderlich, sie im fertigbearbeiteten Zustand erneut zu untersuchen.

4.4.2.4 Prüfverfahren

Die innere Fehlerfreiheit von Radsatzwellen ist durch Ultraschallprüfung über den Durchmesser (Quereinstrahlung) nach dem Verfahren Da nach ISO 5948:1994 nachzuweisen. Mit Ausnahme einiger Bereiche (Radienübergänge und Mulden usw.) ist die gesamte Radsatzwelle entsprechend der technischen Spezifikation zu prüfen.

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 Kalibrierung der Prüfeinrichtung auf den in Anhang C beschriebenen Standardvergleichskörper 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 Prüfung muss an den Radsatzwellen selbst nach vollständiger Wärmebehandlung durchgeführt werden.

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

Die Prüfung muss einmal vor der Kennzeichnung der Radsatzwelle und vor Einbringen der Bohrungen zur Befestigung der Wellenabschlusskappen durchgeführt werden. Der Oberflächenzustand der Wellenschenkelstirnseiten darf R_a 12,5 µm nicht überschreiten.

4.5.4 Prüfverfahren

Die Ultraschalldurchlässigkeit muss durch Längseinschallung der Radsatzwelle nach dem Verfahren T der ISO 5948:1994 nachgewiesen werden.

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

Die verwendeten Prüfköpfe sind piezo-elektrische Aufnehmer, Sender und Empfänger, aus Quarz oder Bariumtitanat BaTi mit rundem oder rechteckigem Querschnitt (zwischen 80 mm² und 450 mm²). Ihre Frequenz und die in unmittelbarer Nähe der Flachbodenbohrung Ø 1 mm zu erreichende Echohöhe an der Flachbodenbohrung Ø 1 mm des Vergleichskörpers sind für jede Wellenkategorie 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 „Fn“ dergestalt arbeiten, dass das Band mit einer Abschwächung von 3 dB bezogen auf das Frequenzsignal Fn 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.

4.6 Eigenspannungen

4.6.1 Allgemeines

In ihrem Endzustand darf die Radsatzwelle keine Eigenspannungen aufweisen, die zu Verformungen der Radsatzwelle führen oder das Entstehen von Ermüdungsrissen erleichtern können.

4.6.2 Zu erreichende Werte

Die Eigenspannungen müssen kleiner gleich +100 N/mm² nahe der Oberfläche der Radsatzwelle (nicht mehr als 0,1 mm) und 2 mm unter der Oberfläche der Radsatzwelle sein.

2 mm unter der Oberfläche muss die Differenz der an zwei verschiedenen Stellen gemessenen Eigenspannungswerte kleiner oder gleich 40 N/mm² sein.

Wenn diese Werte nicht eingehalten werden, müssen die gemessenen Werte zusammen mit einer Begründung dokumentiert werden, um den Nachweis zu erbringen, dass die in 4.6.1 angegebenen Ziele erreicht sind.

4.6.3 Probe und Lokalisierung der Messpunkte

Die Probe muss aus der Radsatzwelle selbst im Lieferzustand bestehen. Die Lage der Messstellen ist Bild 5 zu entnehmen.

Maße in Millimeter

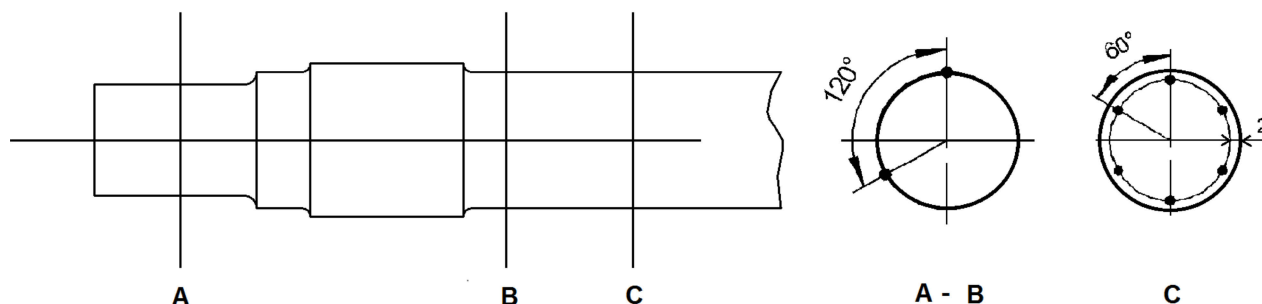


Bild 5 — Lage der Messpunkte

4.6.4 Messverfahren

Die Messungen zur Bestimmung der Restspannungen können z. B. mittels Dehnungsmessstreifen und Sägeschnittverfahren (Anhang E) oder mittels Dehnungsmessstreifen und Bohrlochmethode (ASTM E837) oder Röntgendiffraktion (EN 15305) erfolgen. Das Verfahren muss in der technischen Spezifikation festgelegt und vereinbart werden.

4.7 Oberflächeneigenschaften

4.7.1 Oberflächenzustand

4.7.1.1 Zu erreichende Eigenschaften

Die Wellenoberflächen dürfen keine anderen Fehler als in diesem Dokument beschrieben aufweisen.

Der Mittenrauhwert (R_a) ist in Tabelle 7 dargestellt. Die Symbole werden in Bild 6 erklärt.

Tabelle 7 — Oberflächenzustände

Bezeichnungen	Symbol (siehe Bild 6)	Oberflächenzustand ^a R_a μm	
		vorbearbeitet	fertig oder zusammenbau- fertig
Radsatzwellenende — Wellenende und Fase	a	—	6,3
— Zentrierung (Voll- und Hohlwelle)	siehe Einzelheiten R1 und R2	—	3,2
Wellenschenkel — Oberfläche des Wellenschenkels	b	12,5	0,8 ^d
— Entlastungsmulde	c (Einzelheit V)	—	0,8
Dichtringsitz — Fügung des Dichtringsitzes	d1	12,5	1,6 ^d
— Freie Fläche des Dichtringsitzes	d2	12,5	1,6 ^b
Radsitz — Oberfläche des Radsitzes	e	12,5	min. 0,8 max. 1,6 ^{c d}
— Einführfase	f (Einzelheit U)	—	1,6
Schaft — Übergangsradien zum Radsitz	g (Einzelheit T)	—	1,6 ^b
— Wellenschaftoberfläche	l		3,2 ^b
— Getriebe- und Bremsscheibensitzoberfläche	h	12,5	min. 0,8 max. 1,6 ^{c d}
— Lager und Dichtringsitzoberfläche	j	12,5	0,8 ^d
— Übergangsradien zwischen zwei Sitzen	k (Einzelheit S)	—	1,6
Bohrung — Oberfläche der Bohrung	m (Einzelheit R1)		3,2 ^c
^a Für alte Radsatzwellen mit Gleitlagersitzen sind die Anforderungen den Normen zu entnehmen, die für diese Konstruktionen gelten. ^b Nach Bearbeitung und Strahlen kann ein Wert von 6,3 vereinbart und in der Technischen Spezifikation dokumentiert werden, wenn der Dauerfestigkeitswert F_1 oder F_2 nach 4.2.3.2 und die geforderte Empfindlichkeit für die Ultraschallprüfung für den Betrieb erreicht werden. Anhang F enthält Empfehlungen zur Bemessung der Strahlparameter. ^c Für die zerstörungsfreien Prüfungen im Betrieb der Radsatzwellen kann eine feinere Oberflächenbeschaffenheit erforderlich werden, beispielsweise $R_a 2 \mu\text{m}$ für die Hohlbohrung. ^d Bei Sitzen mit einer Molybdänbeschichtung ist eine Rauigkeit $R_a = 3,2$ zulässig.			

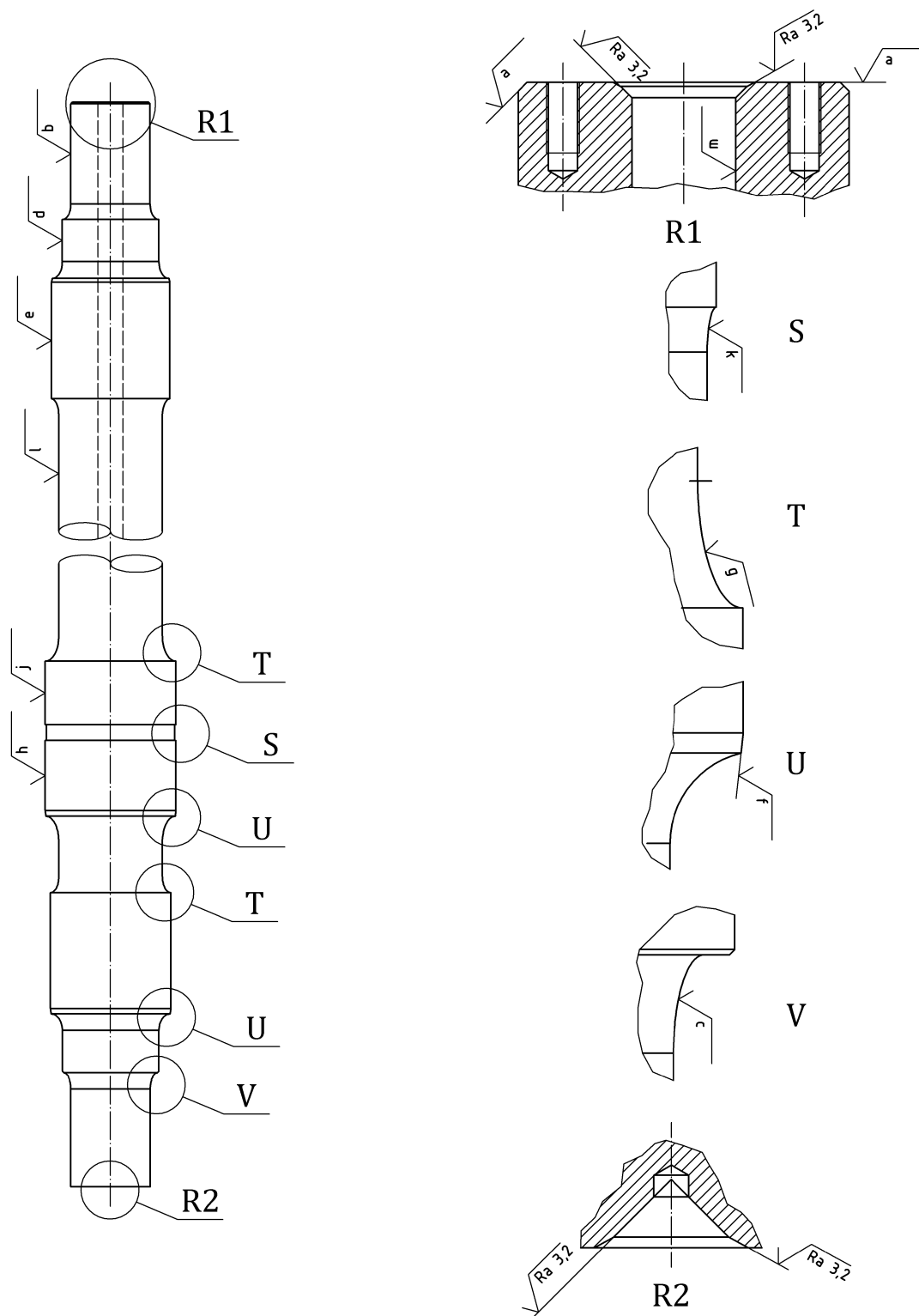


Bild 6 — Symbole für Oberflächenzustände

4.7.1.2 Messverfahren

Die Mittenrauhwerte (R_a) für Radsatzwellen im Lieferzustand, angegeben in Tabelle 7, müssen mit Hilfe eines Rauigkeitsmessgeräts bestimmt werden. In den Übergangsradien kann die Rauigkeit durch Vergleich mit optisch-taktilen Mustern, die in der technischen Spezifikation vereinbart sind, beurteilt werden.

Die Rauigkeitsmessung darf nicht in einem Bereich erfolgen, der eine Oberflächenanzeige aufweist.

4.7.2 Oberflächenbeschaffenheit

4.7.2.1 Allgemeines

Die Fehlerfreiheit der Oberfläche von Radsatzwellen muss an den Außenflächen durch Magnetpulverprüfung und an der Bohrungsoberfläche bei Hohlwellen durch Ultraschallprüfung oder ein entsprechendes, in der technischen Spezifikation als gleichwertig anerkanntes Verfahren ermittelt werden.

4.7.2.2 Einzuhaltende Grenzen

Die Nachweisgrenze für die linearen Anzeigen liegt bei 1 mm.

Auf der Außenfläche der Radsatzwelle:

- werden keine Queranzeigen erlaubt;
- sind Längsanzeigen außerhalb der Übergangsbereiche „ z_0 “ (siehe Bild 7) unter der Bedingung toleriert, dass sie innerhalb der Werte von Tabelle 8 liegen (siehe auch L.7).

Eine Anzeige ist als Längsanzeige zu betrachten, wenn ihre Neigung zur Mittelachse der Radsatzwelle weniger als 10° beträgt.

Maße in Millimeter

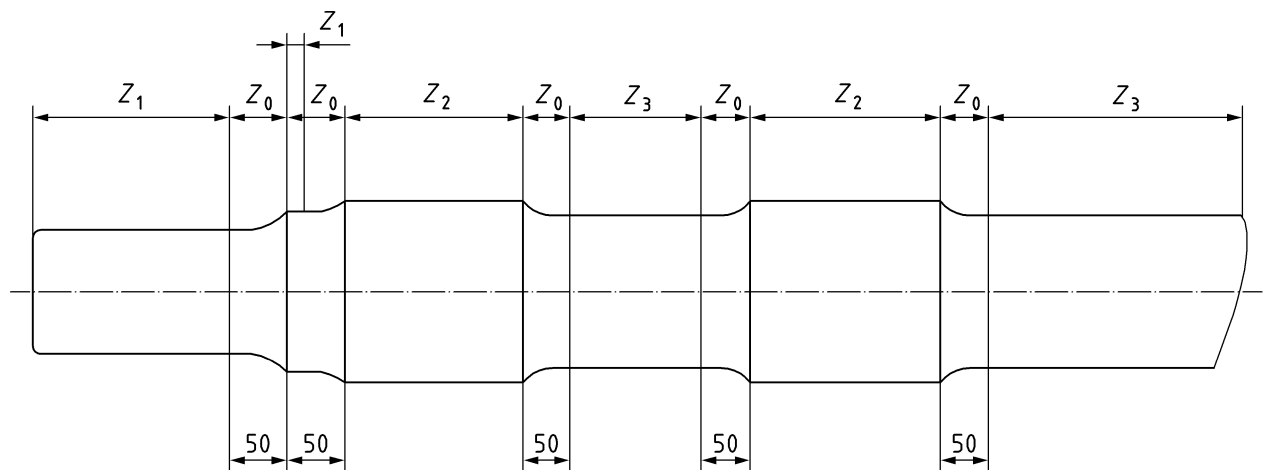


Bild 7 — Bereiche

In der Bohrung von Hohlwellen werden Queranzeigen zugelassen, wenn sie nicht mehr als 0,5 mm tief sind und nicht mehr als 1 Fehler je Meter Länge der Radsatzwelle auftritt.

Tabelle 8 — Grenzwerte für Längsanzeigen

	Kategorie 1		Kategorie 2	
Bereiche	Max. Länge einer Einzelanzeige ^a	Max. Länge aller Einzelanzeigen	Max. Länge einer Einzelanzeige ^a	Max. Länge aller Einzelanzeigen
z_0	Keine Anzeigen	Keine Anzeigen	Keine Anzeigen	Keine Anzeigen
z_1	$\leq 6 \text{ mm}$	$\leq 6 \text{ mm}$	$\leq 6 \text{ mm}$	$\leq 6 \text{ mm}$
z_2	$\leq 6 \text{ mm}$	$\leq 15 \text{ mm}$	$\leq 6 \text{ mm}$	$\leq 15 \text{ mm}$
z_3	$\leq 6 \text{ mm}$	$\leq 15 \text{ mm}$	$\leq 10 \text{ mm}$	$\leq 30 \text{ mm}$
^a Anzeigen sind als Einzelanzeigen zu betrachten, wenn der Abstand zwischen 2 dieser Anzeigen auf derselben Umfanglinie mehr als 10 mm Abstand ist.				

4.7.2.3 Probe

Die Probe muss aus der Radsatzwelle selbst bestehen, nach Wärmebehandlung und in dem bei Bestellung festgelegten Lieferzustand und vor Aufbringung der Beschichtung.

4.7.2.4 Prüfverfahren

4.7.2.4.1 Außenfläche der Radsatzwelle

Die Magnetpulverprüfung ist nach den in ISO 6933 beschriebenen allgemeinen Anforderungen durchzuführen, ausgenommen für:

- die Magnetflussdichte an der Oberfläche, diese muss mehr als 4 mT betragen;
- die Lichtstärke des ultra-violetten Lichtes, diese muss größer als 15 W/m² sein.

Es gelten die in ISO 6933 festgelegten Magnetisierungsverfahren:

- Umfangsmagnetisierung zur Längsanzeigensuche (siehe Bild „a“ in ISO 6933:1986);
- Axialmagnetisierung zur Queranzeigensuche (siehe Bild „b“ in ISO 6933:1986).

4.7.2.4.2 Bohrungsoberfläche der Radsatzwelle

Das verwendete Verfahren muss in der technischen Spezifikation vereinbart werden. Falls nicht anderweitig vorgeschrieben, ist eine Ultraschallprüfung mit einem Einstrahlwinkel von 45° von der Außenfläche her vorzunehmen.

Die Bohrungsoberfläche der Radsatzwelle kann mittels eines Endoskops/Videoskops, eines Leuchtspiegels oder auch mittels anderer zerstörungsfreier Verfahren einer Sichtprüfung unterzogen werden.

4.8 Form- und Maßtoleranzen

Die Form- und Lagetoleranzen sind in Tabelle 9 angegeben. Die verwendeten Symbole sind in Bild 8 beschrieben.

Die Maßtoleranzen sind in Tabelle 10 angegeben. Die verwendeten Symbole sind in Bild 9 beschrieben.

Tabelle 9 — Form- und Lagetoleranzen

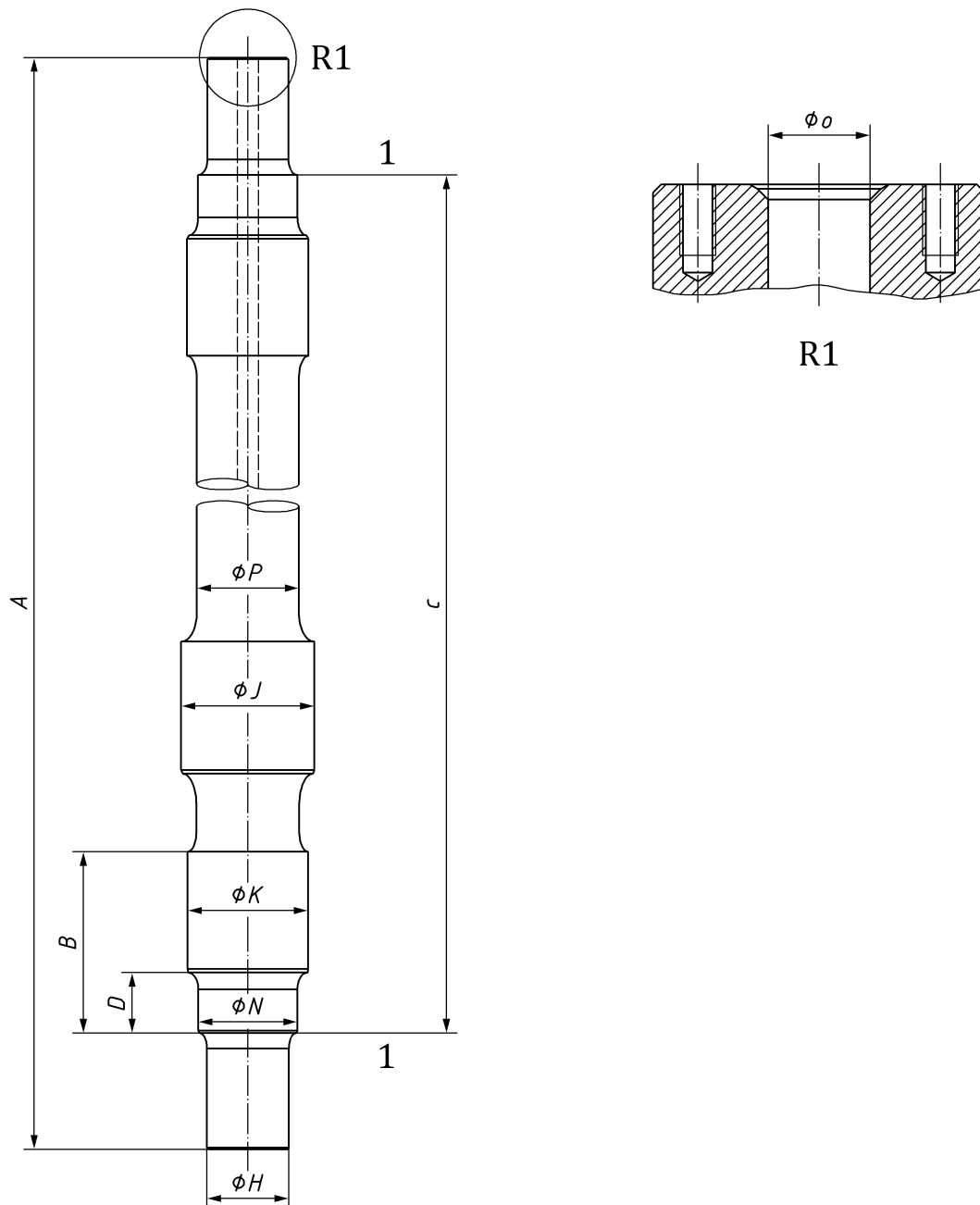
Bezeichnungen	Symbol (siehe Bild 8)	Form- und Lagetoleranzen ^{a b} mm	
		vorbearbeitet	zusammenbaufertig
Schenkel und Dichtringsitz — Zylinderform — Rundlaufabweichung der Bezugsfläche bezogen auf Y-Z — Rundlaufabweichung des Dichtringsitzes bezogen auf Y-Z	n		0,015 0,03 0,03
Radsitz Rundlaufabweichung bezogen auf Y-Z ^c Zylinderform	p	1,5 0,1	0,03 0,015
Getriebesitz Rundlaufabweichung bezogen auf Y-Z ^c Zylinderform	q	1,5 0,1	0,03 0,015
Motorlagersitz Rundlaufabweichung bezogen auf Y-Z ^c Zylinderform	r	1,5 0,1	0,02 0,015
Bremsscheibensitz Rundlaufabweichung bezogen auf Y-Z ^c Zylinderform	s	0,15 0,1	0,03 0,015
Radsatzwellenschaft Rundlaufabweichung bezogen auf Y-Z ^c	t		0,5 ^d
Bohrung Koaxialität bezogen auf Y-Z ^c	u		0,5
Druckkappenbefestigung Konzentrität bezogen auf Y-Z ^c	v		0,5
Rundlauf der Zentrierung bezogen auf Y-Z ^c	w ₁ w ₂ (Einzelheit R1/R2)		0,02 0,03
^a Für alle Parameter, deren Toleranzen nicht in der Tabelle aufgeführt sind, sind die allgemeinen Toleranzen nach EN 22768-2 heranzuziehen. ^b Für alte Radsatzwellen mit Gleitlagersitzen sind die Vorschriften den Normen zu entnehmen, die für diese Produkte gelten. ^c Bezugsachse: Bezugsachse ist die gemeinsame Achse der beiden Schenkel der Radsatzwelle, in Bild 8 mit YZ bezeichnet. ^d 0,3 mm für Radsatzwellen der Kategorie 1.			



Tabelle 10 — Maßtoleranzen

Bezeichnungen	Symbol (siehe Bild 9)	Maßtoleranzen ^a mm	
		vorbearbeitet	zusammenbaufertig
Längenmaße	A	+2/0	± 1
— Länge Radsatzwelle ^b	B	+2/0	0/−0,5
— Länge Radsitz (einschließlich Dicht- ring)	C	+2/0	± 0,5 ^d
— Abstand Bezugsebenen	D	0/−2	+1/0
— Länge Dichtringsitz			
Durchmesser	H	+2/0	c
— Durchmesser Schenkel	K	+2/0	c
— Durchmesser Radsitz	J	+2/0	c
— Durchmesser Zahnrad- oder Brems- scheiben- oder Abstandsring oder Gleitlager- oder Wälzlagersitz	N	+2/0	± 0,25
	P	+4/0	+2/0
— Durchmesser Dichtringsitz	O	-	± 1
— Durchmesser Schaft			
— Durchmesser Bohrung			
^a Für alle Parameter, deren Toleranzen nicht in der Tabelle aufgeführt sind, sind die allgemeinen Toleranzen nach EN 22768-1 heranzuziehen. ^b Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass die Herstellung von Konformität mit den Toleranzen über die Gesamtlänge „A“ nicht gestattet, dass alle Einzeltoleranzen kumulativ auf die praktischen Abmessungen zur Anwendung gebracht werden. ^c Entsprechend den Anforderungen der Zeichnung oder der technischen Spezifikation. ^d Andere Formen können in der technischen Spezifikation vorgeschlagen oder festgelegt werden.			

Maße in Millimeter



Legende

1 Bezugsebenen

Bild 9 — Symbole für Maßtoleranzen

4.9 Schutz gegen Korrosions und gegen mechanische Beanspruchungen

4.9.1 Abschließende Schutzbeschichtung

4.9.1.1 Allgemeines

Alle in Betrieb gestellten Radsatzwellen müssen an den Stellen, auf denen sich keine Füge­teile befinden, gegen Korrosion geschützt werden. Bei manchen Radsatzwellen ist ein Schutz gegen mechanische Beanspruchungen (z. B. durch Stöße, Abrieb) erforderlich.

Es werden vier Schutzklassen in Abhängigkeit vom Einsatzzweck der Radsatzwelle und den Instandhaltungsrichtlinien festgelegt:

- Klasse 1: Bereiche von Radsatzwellen, die atmosphärischer Korrosion und mechanischen Stößen ausgesetzt sind;
- Klasse 2: Bereiche von Radsatzwellen, die speziellen korrosiven Produkten ausgesetzt sind;
- Klasse 3: Bereiche von Radsatzwellen, die atmosphärischer Korrosion ausgesetzt sind;
- Klasse 4: Radsatzwellen ohne Anstrich, die atmosphärischer Korrosion ausgesetzt sind;
- Auf ein und derselben Radsatzwelle sind verschiedene Klassen zulässig.

Die Auswahl des Schutzes anhand dieser vier Klassen muss in der technischen Spezifikation angegeben werden.

Die Schutzbeschichtungen für jede Klasse werden mindestens durch die Eigenschaften in Tabelle 11 beschrieben. Andere Eigenschaften können je nach besonderem Einsatzzweck der Radsatzwelle in der technischen Spezifikation angegeben werden.

Zur Bewertung eines Beschichtungssystems müssen alle in Tabelle 11 aufgeführten Prüfungen durchgeführt werden.

Zur Bewertung einer Radsatzwelle und zur Qualitätskontrolle in der Fertigung müssen lediglich die Messung der Beschichtungsdicke und die Haftfestigkeitsprüfung der Beschichtung durchgeführt werden.

Die Prüfungen müssen einige Tage nach Aufbringen der Beschichtung durchgeführt werden. Die Frist ist dabei vom Anstrichsystem und den Empfehlungen des Lieferanten des Anstrichstoffs abhängig. Liegt keine Information vor, kann ein Zeitraum von 14 Tagen gewählt werden.

Bei Hohlwellen muss die Bohrung vor Korrosion geschützt werden. Das Produkt ist in der technischen Spezifikation festzulegen.

Tabelle 11 — Schutzbeschichtungen — Prüfanforderungen

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Dicke der Beschichtung	X	X	X	—
Haftung der Beschichtung	X	X	X	—
Stoßfestigkeit	X	—	—	—
Widerstand gegen Abrieb	X	X	X	—
Verhalten gegenüber Salzsprühnebel	X	X	X	—
Beständigkeit gegenüber speziellen korrosiven Medien	—	X	—	—
Widerstand gegen zyklische mechanische Beanspruchung	X	X	X	—

Besondere Aufmerksamkeit sollte dem Umwelteinfluss des eingesetzten Beschichtungssystems gewidmet werden. Zur Reduzierung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (en: volatile organic compounds, VOC) werden wasserbasierte Anstrichstoffe empfohlen.

Die Anforderungen für herkömmliche Beschichtungssysteme (z. B. organische Systeme) werden in den folgenden Abschnitten festgelegt. Für eine andere Lösung (z. B. ein anorganisches System) müssen in der technischen Spezifikation Anforderungen festgelegt werden, die es ermöglichen, vergleichbare Eigenschaften zu erreichen.

4.9.1.2 Dicke der Schutzbeschichtung

4.9.1.2.1 Nach Bewertung einer Schutzbeschichtung zu dokumentierende Werte

Die Mindest- und Höchstdicken für die Schutzbeschichtung der Radsatzwelle müssen auf Grundlage der nach Tabelle 11 durchgeführten Prüfungen bestimmt und in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

4.9.1.2.2 Bei der Qualifizierung eines Herstellers oder bei der Qualitätskontrolle zu erreichende Werte

Die Schutzbeschichtungsdicke muss der Festlegung in der technischen Spezifikation entsprechen.

4.9.1.2.3 Probe

Die Probe muss aus der beschichteten Radsatzwelle bestehen.

4.9.1.2.4 Messverfahren

Die Messung ist mittels eines zerstörungsfreien Verfahrens nach EN ISO 2808 durchzuführen, sofern die Schichtdicke dies erlaubt. Andernfalls muss das Messverfahren in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Es wird empfohlen, das Verfahren 7C für konventionelle Beschichtungen anzuwenden.

4.9.1.3 Haftung der Schutzbeschichtung

4.9.1.3.1 Allgemeines

Die Haftung charakterisiert die Gesamtheit der Adhäsionskräfte, die sich zwischen Beschichtung und Oberfläche der Radsatzwelle ergibt.

4.9.1.3.2 Zu erreichende Eigenschaften

Für Schichtdicken bis zu 250 µm muss die Haftung der Schutzbeschichtung die Klassifizierung 1 der Gitterschnittprüfung nach EN ISO 2409:2013 erfüllen.

Für Schichtdicken über 250 µm und bis zu 1 000 µm muss die Haftung der Schutzbeschichtung die Klassifizierung 1 der Kreuzschnittprüfung nach EN ISO 16276-2 erfüllen.

Für Schichtdicken von mehr als 1 000 µm müssen das anzuwendende Verfahren und die zulässigen Werte in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Der Pull-Off-Test der Klassifizierung B oder n (Kohäsionsbruch über 90 %) nach EN ISO 4624:2003, 9.5, ist ein akzeptiertes Verfahren. Ein Mindestwert von 4 MPa wird empfohlen.

Im Rahmen der Qualifizierung der Schutzbeschichtung oder auch der Qualifizierung eines Herstellers von Radsatzwellen mit Schutzbeschichtung wird der Pull-Off-Test unabhängig von der Schichtdicke als zusätzliche Prüfung empfohlen.

4.9.1.3.3 Probe

Die Probe muss aus einer Radsatzwelle mit Schutzbeschichtung oder einem Abschnitt der Radsatzwelle mit Schutzbeschichtung bestehen, der für das Endprodukt repräsentativ ist.

4.9.1.3.4 Prüfverfahren

Das Verfahren der Gitterschnittprüfung muss den Empfehlungen der EN ISO 2409 entsprechen.

Das Verfahren der Kreuzschnittprüfung muss den Empfehlungen der EN ISO 16276-2 entsprechen.

Wenn der Pull-Off-Test gewählt wird, muss er entsprechend der EN ISO 4624 mit einem Prüfstempel durchgeführt werden, der einen Durchmesser von 20 mm aufweist.

Falls erforderlich, kann die Form des Prüfstempels an die Form der Radsatzwelle angepasst werden.

4.9.1.4 Stoßbeständigkeit

4.9.1.4.1 Allgemeines

Diese Eigenschaft beschreibt das Vermögen der Beschichtung, die Radsatzwelle vor Beschädigungen zu schützen, die durch das Auftreffen von Projektilen (z. B. Schotter) verursacht werden. Diese Eigenschaft betrifft nur die Schutzbeschichtungen der Klasse 1.

4.9.1.4.2 Zu erreichende Eigenschaften

Nach dem Versuch nach 4.9.1.4.4 darf keine Oberflächenbeschädigung an der Radsatzwellenoberfläche festgestellt werden.

4.9.1.4.3 Probe

Die Probe muss aus einer Radsatzwelle mit Schutzbeschichtung oder einem Abschnitt der Radsatzwelle mit Schutzbeschichtung bestehen, der für das Endprodukt repräsentativ ist.

4.9.1.4.4 Prüfverfahren

Die Prüfung muss darin bestehen, die geschützte Oberfläche mit einem Stoß einer festgelegten Energie entsprechend den Bedingungen von Anhang G auszusetzen.

4.9.1.5 Widerstand gegen Abrieb

4.9.1.5.1 Allgemeines

Diese Eigenschaft beschreibt das Vermögen der Beschichtung, die Radsatzwelle vor Beschädigungen zu schützen, die durch das wiederholte Auftreffen von Sand oder Grobstaub verursacht werden.

4.9.1.5.2 Zu erreichende Eigenschaften

Nach dem Versuch nach 4.9.1.5.4 muss die Oberfläche der Beschichtung folgenden Anforderungen entsprechen:

- Verlusthöhe 3 für den Schutz der Klassen 1 und 2;
- Verlusthöhe 4 für den Schutz der Klasse 3.

wie in Anhang H angegeben.

4.9.1.5.3 Probe

Die Probe muss aus einer Radsatzwelle mit Schutzbeschichtung oder einem Abschnitt der Radsatzwelle mit Schutzbeschichtung bestehen, der für das Endprodukt repräsentativ ist.

4.9.1.5.4 Prüfverfahren

Das Verfahren zur Bestimmung der Beständigkeit gegenüber Abrieb ist im Anhang H beschrieben.

4.9.1.6 Verhalten gegenüber Salznebel

4.9.1.6.1 Allgemeines

Diese Eigenschaft beschreibt das Vermögen der Oberfläche der durch die Beschichtung geschützten Radsatzwelle im Hinblick auf einen beschleunigten korrosiven Angriff durch künstlichen Salznebel Stand zu halten.

4.9.1.6.2 Zu erreichende Eigenschaften

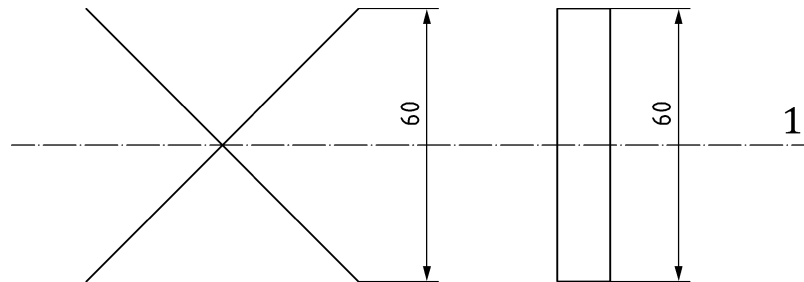
Nach dem Versuch nach 4.9.1.6.4 darf weder Korrosion unter der Beschichtung noch in einer Entfernung von mehr als 2 mm (Mittelwert) von den eingebrachten Schnitten oder Auskammerungen festgestellt werden.

Die Länge des Einschnitts/Auskammerung wird in fortlaufende Abschnitte von 10 mm unterteilt. Die maximale Korrosionsbreite wird für jeden dieser Abschnitte festgehalten. Der Durchschnitt dieser Messungen stellt die Korrosionszunahme dar.

4.9.1.6.3 Probe

Die Probe muss aus einem Radsatzwellenabschnitt mit der zu bewertenden Beschichtung bestehen, in den Kreuzschnitte (bei Schichtdicken $\leq 250 \mu\text{m}$) oder eine Öffnung (bei Schichtdicken $> 250 \mu\text{m}$) eingebracht werden (siehe Bild 10).

Maße in Millimeter



Legende

1 Mitte der Kreuzschnitte/Auskammerung

Bild 10 — Proben für Salznebeltest

4.9.1.6.4 Prüfverfahren

Das verwendete Prüfverfahren (1 oder 2) und die Dauer der Prüfung müssen in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

— Verfahren 1:

Die Bestimmung des Verhaltens gegenüber Salznebel muss nach EN ISO 9227 durchgeführt werden. Die zu verwendende Lösung muss der des NSS-Versuches dieser Norm entsprechen.

Für die Klassen 1 und 3 wird eine Mindestdauer von 480 h empfohlen. Für die Klasse 2 wird eine längere Dauer empfohlen, wobei eine übliche Dauer 1 000 h beträgt.

— Verfahren 2:

Die Bestimmung des Verhaltens gegenüber Salznebel kann alternativ entsprechend der VDA-Prüfung in EN ISO 11997-1:2006 in 6 Zyklen durchgeführt werden.

4.9.1.7 Beständigkeit gegenüber speziellen korrosiven Medien

4.9.1.7.1 Allgemeines

Diese Eigenschaft betrifft nur Schutzbeschichtungen der Klasse 2 und beschreibt die Beständigkeit der Beschichtung gegenüber speziellen korrosiven Medien (korrosive Umgebung, transportierte Güter usw.).

4.9.1.7.2 Zu erreichende Eigenschaften

Nach dem Versuch nach 4.9.1.7.4 dürfen weder Veränderungen der Beschichtung noch der Oberfläche der Probe festgestellt werden. Zudem muss die erfolgreiche Durchführung mit einer Haftungsprüfung nachgewiesen werden.

Die zu erreichenden Eigenschaften sind die Gleichen wie in 4.9.1.3.2.

4.9.1.7.3 Probe

Die Probe muss aus einem Abschnitt der Radsatzwelle mit der zu bewertenden Beschichtung bestehen.

4.9.1.7.4 Prüfverfahren

Zur Prüfung der Beständigkeit gegenüber speziellen korrosiven Produkten ist ein Versuch durchzuführen, bei dem die Probe dem Medium durch wiederholtes Eintauchen und Herausziehen ausgesetzt wird. Dieser Versuch wird in Anhang I (normativ) beschrieben. 24 h nach dem Korrosionsversuch ist eine Haftungsprüfung nach EN ISO 2409 oder EN ISO 16276-2 oder EN ISO 4624 durchzuführen.

4.9.1.8 Beständigkeit gegenüber zyklischen mechanischen Beanspruchungen

4.9.1.8.1 Allgemeines

Diese Eigenschaft beschreibt das Vermögen der Beschichtung, zyklisch auftretenden mechanischen Beanspruchungen Widerstand entgegenzusetzen. Sie ist mit Hilfe von Proben zu überprüfen. Diese werden auf Umlaufbiegung mit ansteigender Spannungshöhe bis hin zum Bruch der Beschichtung beansprucht. Das Beanspruchungsniveau vor dem Bruch legt den Widerstand der Beschichtung fest.

4.9.1.8.2 Zu erreichende Eigenschaften

Unter den Prüfbedingungen nach 4.9.1.8.4 muss

- mit den Beschichtungen der Klassen 1 und 3 die Stufe 5 ohne Bruch und
- mit der Beschichtung der Klasse 2 die Stufe 10 erreicht werden.

4.9.1.8.3 Probe

Die Umlaufbiegeprobe (Durchmesser: 8,5 mm im aktiven Prüfbereich) muss aus Stahl EA1N bestehen und mit der zu bewertenden Schutzbeschichtung versehen sein.

Eine Musterzeichnung der Probe ist in Anhang B enthalten.

4.9.1.8.4 Prüfverfahren

Das Prüfverfahren und die Prüfbedingungen sind in Anhang J angegeben.

4.9.2 Zeitweiliger Korrosionsschutz

Vor dem Zusammenbau müssen alle Teile der Radsatzwelle, die zur Aufnahme weiterer Komponenten vorbereitet werden, einen zeitweiligen Schutz vor Korrosion und Stößen in Übereinstimmung mit den Lieferbedingungen und der technischen Spezifikation erhalten.

Die Eigenschaften dieses Schutzes müssen in der technischen Spezifikation unter Berücksichtigung der Transport- und Lagerbedingungen vereinbart werden (innerbetrieblicher Transport, Umgebung, usw.).

Dieser Schutz muss — vorbehaltlich einer anderslautenden Vorschrift in der technischen Spezifikation — mindestens 3 Monate unter üblichen atmosphärischen Bedingungen wirksam bleiben.

4.10 Kennzeichnung

Jede Radsatzwelle muss mindestens durch folgende Angaben gekennzeichnet sein:

- Herstellerzeichen;
- Schmelzenummer;
- Stahlgüte;
- Monat und die zwei letzte Ziffern des Herstellungsjahres;
- Seriennummer der Radsatzwelle nach der Wärmebehandlung.

Diese Kennzeichen dürfen nur auf einem Wellenende angebracht werden und nur in einer Hälfte dieses Wellenendes stehen. Die andere Hälfte der Endfläche ist für die Kennzeichnung des Radsatzherstellers vorzusehen.

Das andere Radsatzwellenende muss zur Hälfte der Oberfläche frei von Kennzeichen bleiben. Es ist der Instandhaltung vorbehalten.

In der technischen Spezifikation ist die Anordnung dieser Kennzeichnung festzulegen. Durch die Kennzeichnung entstandene Grate müssen geebnet werden, um während des Betriebs eine Ultraschallprüfung durchführen zu können.

Die Herstellerkennzeichnung ist der einzige Bezugspunkt für die Qualitätsüberwachung und die Merkmale der Komponenten. Die Herstellerkennzeichnung muss im letzten Durchführungsschritt vor der Lieferung eingebracht werden. Die Endbearbeitung des Radsitzes wird nicht als letzter Schritt und Bestandteil der Fertigung betrachtet.

5 Alternative Fertigungsverfahren

Alternative Fertigungsverfahren (z. B. Festwalzen, Kugelstrahlen, thermisches Spritzen, Stahlreinheit, Schmiedeverformungsgrad, Verbesserung der Werkstoffeigenschaften durch Schmelzverfahren und den Wärmebehandlungsprozess usw.) müssen entsprechend den in Anhang K beschriebenen Verfahren qualifiziert werden. Unterschiedliche Eigenschaften müssen dokumentiert und können angewendet werden.

6 Produktqualifizierung

Die Produktqualifizierung muss entsprechend Anhang K durchgeführt werden.

7 Produktlieferbedingungen

Die Bedingungen für die Produktlieferung müssen den Vorschriften in Anhang L entsprechen.

Anhang A (informativ)

Probenahme aus einer Überlänge an einem Radsatzwellenschenkel

A.1 Zu erreichende Werte

Die zur Produktdefinition dienenden Proben können aus einer Überlänge an einem Radsatzwellenschenkel entnommen werden, wenn dies in der technischen Spezifikation beschrieben wird.

Die aus einer Überlänge an einem Radsatzwellenschenkel entnommenen Proben sollten den Anforderungen von 4.2.1 für den Zugversuch und 4.2.2 für den Kerbschlagbiegeversuch entsprechen, und die Ergebnisse sollten die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Bei Stahlgüte EA1N nach Tabelle 2 und Tabelle 3;
- Bei Stahlgüte EA4T nach Tabelle A.1 und Tabelle A.2, wo das Verhältnis zwischen Schenkeldurchmesser und Wellendurchmesser kleiner oder gleich 0,75 ist. Wenn die Werte mit einer Probe, die aus einer Überlänge an einem Radsatzwellenschenkel entnommen wurde, nicht erreicht werden können, sollte die Probenahme in dem größten Durchmesser der Radsatzwelle erfolgen.

Für die anderen Stahlgüten sollten die zu erreichenden Werte in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Tabelle A.1 — Am halben Radius von Vollwellen und in der Mitte der Innen- und Außenfläche von Hohlwellen einzuhaltende Werte

Stahlgüte	R_{eH}^a N/mm ²	R_m N/mm ²	A_5 %
EA4T	≥ 500	700 - 800	≥ 18
^a Wenn die Elastizitätsgrenze nicht ausgeprägt ist, sollte die konventionelle Streckgrenze $R_{p0,2}$ bestimmt werden.			

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

Stahlgüte	KU längs bei 20 °C J	KU quer bei 20 °C J
EA4T	≥ 70	≥ 45

A.2 Probenahmeverfahren

A.2.1 Überlänge mit einem Durchmesser, der jenem des Schenkeldurchmesser entspricht

Die Überlänge am Radsatzwellenschenkel sollte eine Mindestlänge von 200 mm haben, bestehend aus homogenem Werkstoff mit dem Radsatzwellenschenkel. Je Los sollten mindestens drei Überlängen an einem Radsatzwellenschenkel hergestellt werden.

A.2.2 Überlänge mit einem Durchmesser über jenem des Schenkeldurchmesser

Eine andere alternative Möglichkeit besteht darin, Proben aus einer Überlänge an einem Radsatzwellenschenkel zu entnehmen, deren Durchmesser dem größeren Bereich der Radsatzwelle, mit einer Mindestlänge von 400 mm, entspricht. In diesem Fall entsprechen die Anforderungen jenen, die bei Probenahmen im Bereich mit dem größten Durchmesser nach Abschnitt 4 gelten.

Anhang B (informativ)

Zeichnungen der Prüfstücke

Maße in Millimeter

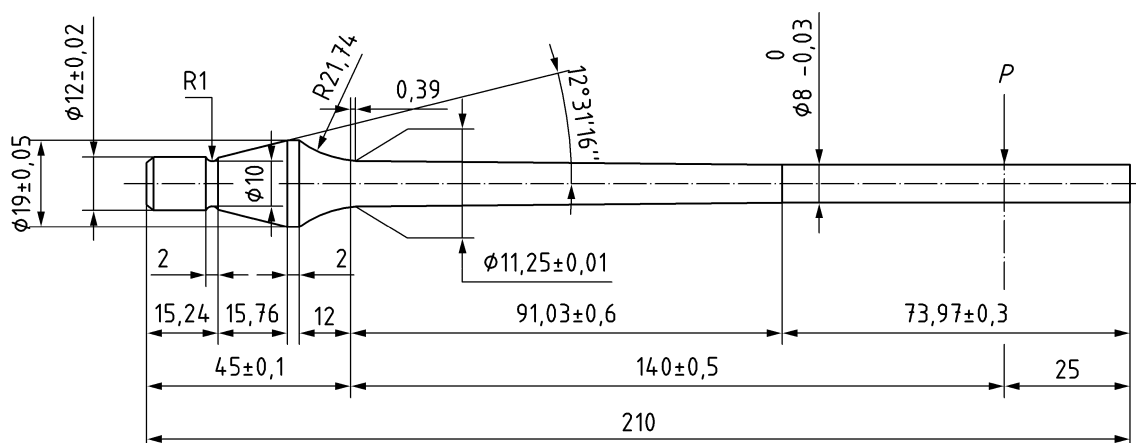
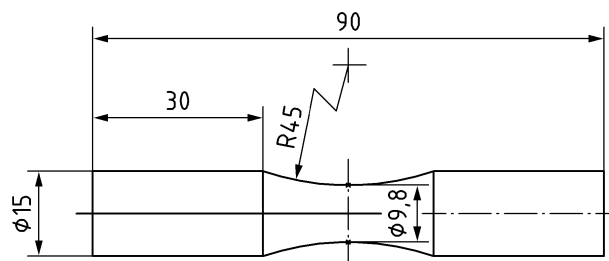
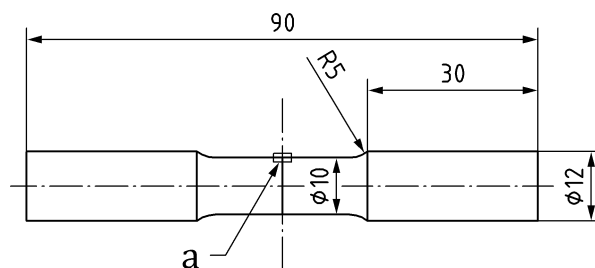


Bild B.1 — Kleinprobenprüfstück zur Bestimmung der Stahldauerfestigkeitsgrenze (Beispiel 1)

Maße in Millimeter



a) glatte Probe



b) gekerbte Probe

Legende

a Kerbe nach Bild 3 a)

Bild B.2 — Kleinprobenprüfstück zur Bestimmung der Stahldauerfestigkeitsgrenze (Beispiel 2)

Maße in Millimeter

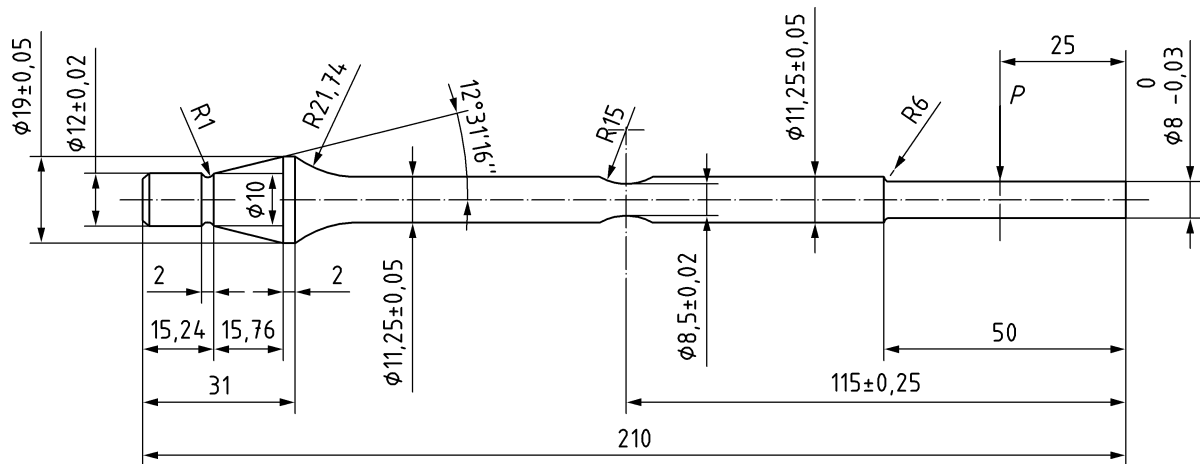
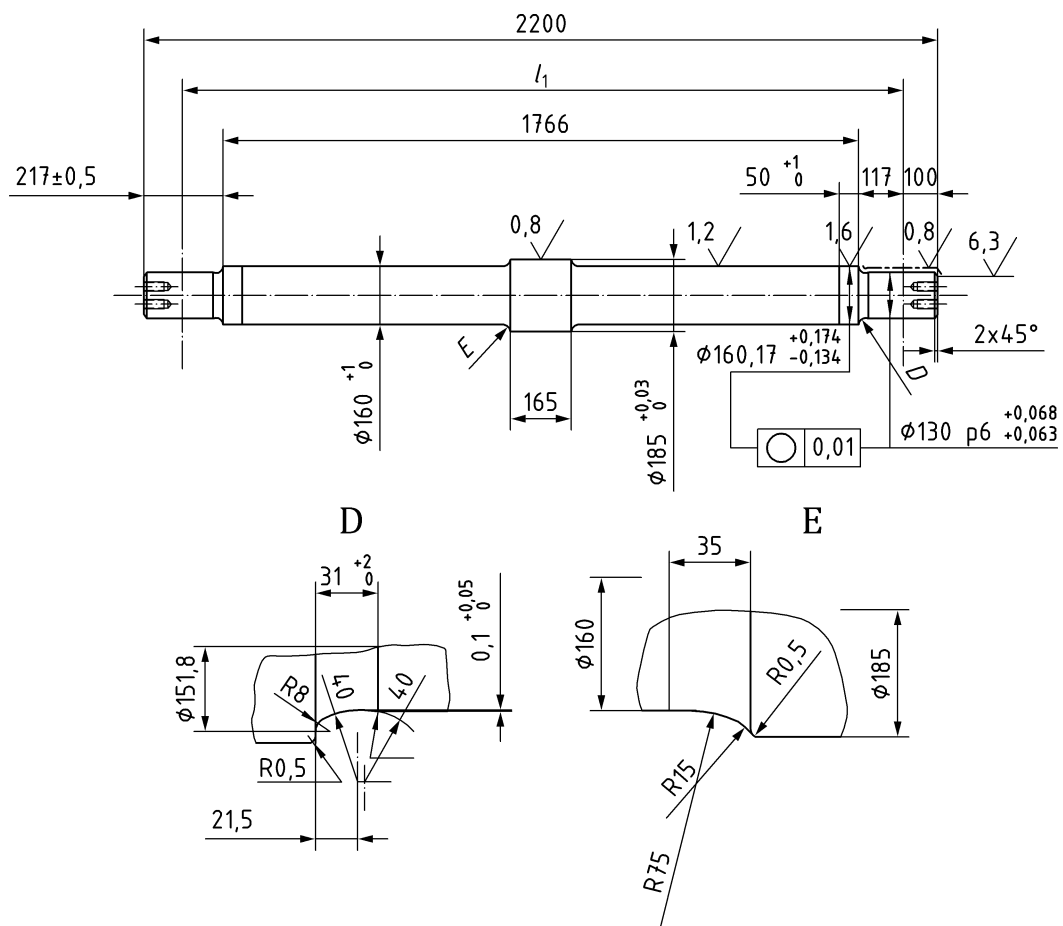


Bild B.3 — Kleinprobenprüfstück zur Bestimmung der Beständigkeit der Schutzbeschichtung gegenüber zyklischen Beanspruchungen

Maße in Millimeter



Legende

l_1 Lagermittenabstand an den Wellenschenkeln 2 000

Bild B.4 — Prüfstück im Maßstab 1:1 für Dauerfestigkeitsversuch (Beispiel 1)

Maße in Millimeter

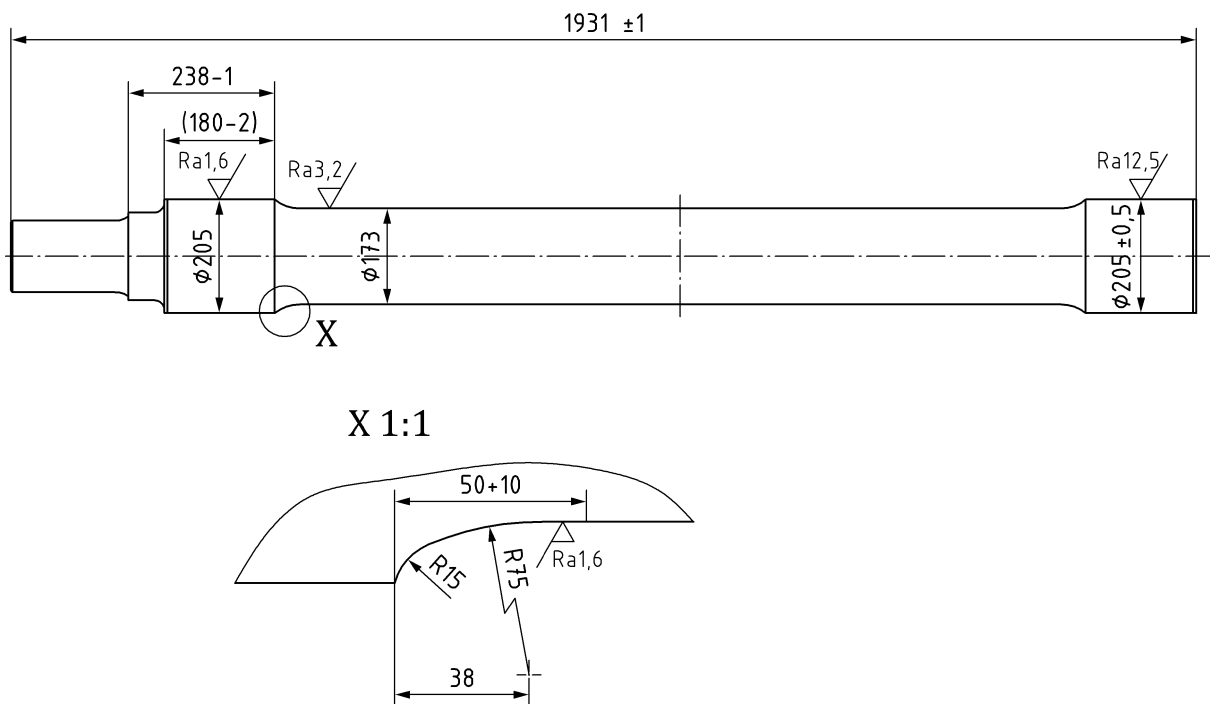


Bild B.5 — Prüfstück im Maßstab 1:1 für Dauerfestigkeitsversuch (Beispiel 2)