

## DIN EN 13261



ICS 45.040

Einsprüche bis 2023-04-10  
Vorgesehen als Ersatz für  
DIN EN 13261:2020-12

**Entwurf**

**Bahnanwendungen –  
Radsätze und Drehgestelle –  
Radsatzwellen – Produktanforderungen;  
Deutsche und Englische Fassung prEN 13261:2023**

Railway applications –  
Wheelsets and bogies –  
Axles – Product requirements;  
German and English version prEN 13261:2023

Applications ferroviaires –  
Essieux montés et bogies –  
Essieux-axes – Prescription pour le produit;  
Version allemande et anglaise prEN 13261:2023

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-02-10 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](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [fsf@din.de](mailto:fsf@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF), Rolandstr. 4, 34131 Kassel.

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

Gesamtumfang 139 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13261:2022) 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 englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 4624:2016                      siehe                      DIN EN ISO 4624:2016-08

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

## Änderungen

Gegenüber DIN EN 13261:2020-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

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

**Nationaler Anhang NA**  
(informativ)

**Literaturhinweise**

DIN EN ISO 4624:2016-08, *Beschichtungsstoffe — Abreißversuch zur Bestimmung der Haftfestigkeit (ISO 4624:2016)*; Deutsche Fassung EN ISO 4624:2016

– *Entwurf* –

E DIN EN 13261:2023-03

– Leerseite –

**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

## Inhalt

|                                                                                                  | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Europäisches Vorwort . . . . .                                                                   | 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 . . . . .                                                              | 9     |
| 4.1.3 Chemische Analyse . . . . .                                                                | 9     |
| 4.2 Mechanische Eigenschaften . . . . .                                                          | 10    |
| 4.2.1 Eigenschaften aus der Zugprüfung . . . . .                                                 | 10    |
| 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 Lage der Probe . . . . .                                                                   | 16    |
| 4.3.3 Prüfverfahren . . . . .                                                                    | 16    |
| 4.4 Reinheit des Materials . . . . .                                                             | 16    |
| 4.4.1 Mikrografischer Reinheitsgrad . . . . .                                                    | 16    |
| 4.4.2 Innere Fehlerfreiheit . . . . .                                                            | 17    |
| 4.5 Ultraschall-Durchlässigkeit . . . . .                                                        | 18    |
| 4.5.1 Allgemeines . . . . .                                                                      | 18    |
| 4.5.2 Zu erreichender Grad . . . . .                                                             | 18    |
| 4.5.3 Prüfkörper . . . . .                                                                       | 18    |
| 4.5.4 Prüfverfahren . . . . .                                                                    | 18    |
| 4.6 Restspannungen . . . . .                                                                     | 19    |
| 4.6.1 Allgemeines . . . . .                                                                      | 19    |
| 4.6.2 Zu erreichende Werte . . . . .                                                             | 19    |
| 4.6.3 Probe und Position der Messstellen . . . . .                                               | 19    |
| 4.6.4 Messverfahren . . . . .                                                                    | 20    |
| 4.7 Oberflächeneigenschaften . . . . .                                                           | 20    |
| 4.7.1 Oberflächenbeschaffenheit . . . . .                                                        | 20    |
| 4.7.2 Fehlerfreiheit der Oberflächen . . . . .                                                   | 23    |
| 4.8 Geometrische und Maßtoleranzen . . . . .                                                     | 24    |
| 4.9 Schutz gegen Korrosion und mechanische Beanspruchungen . . . . .                             | 28    |
| 4.9.1 Abschließender Schutzbeschichtung . . . . .                                                | 28    |
| 4.9.2 Provisorischer Schutz . . . . .                                                            | 33    |
| 4.10 Kennzeichnung . . . . .                                                                     | 34    |
| 5 Alternativer Fertigungsprozess . . . . .                                                       | 34    |
| 6 Produktqualifizierung . . . . .                                                                | 34    |
| 7 Lieferbedingungen . . . . .                                                                    | 34    |
| Anhang A (informativ) Materialprobenahme aus der Verlängerung der Radsatzwelle . . . . .         | 35    |
| A.1 Allgemeines . . . . .                                                                        | 35    |
| A.2 Probenahmeverfahren . . . . .                                                                | 35    |
| A.2.1 Verlängerung mit demselben Durchmesser wie der Durchmesser der Radsatzwelle . . . . .      | 35    |
| A.2.2 Verlängerung mit einem größeren Durchmesser als der Durchmesser der Radsatzwelle . . . . . | 35    |
| A.3 Zu erreichende Werte . . . . .                                                               | 35    |
| Anhang B (informativ) Zeichnungen von Prüfstücken . . . . .                                      | 37    |
| Anhang C (normativ) Normprobenblock für die Messung der Ultraschalldurchlässigkeit . . . . .     | 41    |
| C.1 Standardvergleichskörper . . . . .                                                           | 41    |
| C.2 Toleranzen des Normprobenblocks . . . . .                                                    | 42    |

|                              |                                                                                                            |           |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>C.3</b>                   | <b>Stahlsorte des Normprobenblocks</b>                                                                     | <b>42</b> |
| <b>Anhang D</b> (informativ) | <b>Position der Messstellen für die Ultraschalldurchlässigkeit</b>                                         | <b>43</b> |
| <b>Anhang E</b> (informativ) | <b>Messung der Restspannung mit Dehnungsmessstreifen mit Sägeschnitt</b>                                   | <b>44</b> |
| <b>Anhang F</b> (informativ) | <b>Verfahren für das Strahlen nach der maschinellen Bearbeitung</b>                                        | <b>45</b> |
| <b>F.1</b>                   | <b>Strahlprinzip</b>                                                                                       | <b>45</b> |
| <b>F.2</b>                   | <b>Anforderungen</b>                                                                                       | <b>45</b> |
| <b>F.2.1</b>                 | <b>Strahlmedien</b>                                                                                        | <b>45</b> |
| <b>F.2.2</b>                 | <b>Härte</b>                                                                                               | <b>45</b> |
| <b>F.2.3</b>                 | <b>Rauheit</b>                                                                                             | <b>45</b> |
| <b>F.2.4</b>                 | <b>Abdeckungsrate</b>                                                                                      | <b>45</b> |
| <b>F.2.5</b>                 | <b>Dauerfestigkeitsgrenzwert</b>                                                                           | <b>45</b> |
| <b>F.3</b>                   | <b>Parameter</b>                                                                                           | <b>46</b> |
| <b>F.4</b>                   | <b>Strahlqualifikationsprozess</b>                                                                         | <b>46</b> |
| <b>Anhang G</b> (normativ)   | <b>Verfahren zur Beurteilung der Schlagfestigkeit der Beschichtung</b>                                     | <b>47</b> |
| <b>G.1</b>                   | <b>Kurzbeschreibung</b>                                                                                    | <b>47</b> |
| <b>G.2</b>                   | <b>Probe</b>                                                                                               | <b>47</b> |
| <b>G.3</b>                   | <b>Prüfeinrichtung</b>                                                                                     | <b>47</b> |
| <b>G.4</b>                   | <b>Verfahren</b>                                                                                           | <b>47</b> |
| <b>G.5</b>                   | <b>Angabe der Ergebnisse</b>                                                                               | <b>47</b> |
| <b>Anhang H</b> (normativ)   | <b>Verfahren zur Beurteilung der Beständigkeit der Beschichtung gegen Absplittern</b>                      | <b>48</b> |
| <b>H.1</b>                   | <b>Kurzbeschreibung</b>                                                                                    | <b>48</b> |
| <b>H.2</b>                   | <b>Probe</b>                                                                                               | <b>48</b> |
| <b>H.3</b>                   | <b>Prüfeinrichtung</b>                                                                                     | <b>48</b> |
| <b>H.4</b>                   | <b>Verfahren</b>                                                                                           | <b>48</b> |
| <b>H.5</b>                   | <b>Angabe der Ergebnisse</b>                                                                               | <b>48</b> |
| <b>Anhang I</b> (normativ)   | <b>Verfahren zur Bewertung der Beständigkeit der Beschichtung gegen spezifische korrosive Produkte</b>     | <b>49</b> |
| <b>I.1</b>                   | <b>Kurzbeschreibung</b>                                                                                    | <b>49</b> |
| <b>I.2</b>                   | <b>Probe</b>                                                                                               | <b>49</b> |
| <b>I.3</b>                   | <b>Prüfeinrichtung</b>                                                                                     | <b>49</b> |
| <b>I.4</b>                   | <b>Korrosive Produkte</b>                                                                                  | <b>49</b> |
| <b>I.5</b>                   | <b>Verfahren</b>                                                                                           | <b>49</b> |
| <b>I.6</b>                   | <b>Angabe der Ergebnisse</b>                                                                               | <b>50</b> |
| <b>Anhang J</b> (normativ)   | <b>Verfahren zur Beurteilung der Beständigkeit der Beschichtung gegen mechanische Wechselbeanspruchung</b> | <b>51</b> |
| <b>J.1</b>                   | <b>Zweck</b>                                                                                               | <b>51</b> |
| <b>J.2</b>                   | <b>Kurzbeschreibung</b>                                                                                    | <b>51</b> |
| <b>J.3</b>                   | <b>Probe</b>                                                                                               | <b>51</b> |
| <b>J.4</b>                   | <b>Prüfeinrichtung</b>                                                                                     | <b>51</b> |
| <b>J.5</b>                   | <b>Verfahren</b>                                                                                           | <b>51</b> |
| <b>J.6</b>                   | <b>Angabe der Ergebnisse</b>                                                                               | <b>52</b> |
| <b>Anhang K</b> (normativ)   | <b>Produktqualifikation</b>                                                                                | <b>53</b> |
| <b>K.1</b>                   | <b>Einleitung</b>                                                                                          | <b>53</b> |
| <b>K.2</b>                   | <b>Allgemeines</b>                                                                                         | <b>53</b> |
| <b>K.3</b>                   | <b>Anforderungen</b>                                                                                       | <b>54</b> |
| <b>K.3.1</b>                 | <b>Von dem Hersteller zu erfüllende Anforderungen</b>                                                      | <b>54</b> |
| <b>K.3.2</b>                 | <b>Von dem Produkt zu erfüllende Anforderungen</b>                                                         | <b>55</b> |
| <b>K.4</b>                   | <b>Qualifikationsverfahren</b>                                                                             | <b>55</b> |
| <b>K.4.1</b>                 | <b>Allgemeines</b>                                                                                         | <b>55</b> |
| <b>K.4.2</b>                 | <b>Erforderliche Dokumentation</b>                                                                         | <b>55</b> |
| <b>K.4.3</b>                 | <b>Beurteilung von Fertigungseinrichtungen und Fertigungsprozessen</b>                                     | <b>56</b> |
| <b>K.4.4</b>                 | <b>Laborprüfungen</b>                                                                                      | <b>56</b> |
| <b>K.5</b>                   | <b>Gültigkeit der Qualifikation</b>                                                                        | <b>57</b> |
| <b>K.5.1</b>                 | <b>Gültigkeitsbedingung</b>                                                                                | <b>57</b> |
| <b>K.5.2</b>                 | <b>Änderung und Erweiterung</b>                                                                            | <b>57</b> |
| <b>K.5.3</b>                 | <b>Übertragung</b>                                                                                         | <b>57</b> |

|                   |                                                                                                                                                  |    |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| K.5.4             | Abgelaufene Qualifikation                                                                                                                        | 57 |
| K.5.5             | Aufhebung                                                                                                                                        | 57 |
| K.6               | Qualifikationsdokument                                                                                                                           | 57 |
| Anhang L          | (normativ) Lieferbedingungen des Produkts                                                                                                        | 58 |
| L.1               | Einleitung                                                                                                                                       | 58 |
| L.2               | Allgemeines                                                                                                                                      | 58 |
| L.3               | Lieferzustand                                                                                                                                    | 59 |
| L.4               | Kontrolle jeder Radsatzwelle                                                                                                                     | 59 |
| L.5               | Kontrolle der Lose                                                                                                                               | 59 |
| L.5.1             | Kontrollen                                                                                                                                       | 59 |
| L.5.2             | Ultraschalldurchlässigkeit                                                                                                                       | 60 |
| L.5.3             | Oberflächenbeschaffenheit                                                                                                                        | 60 |
| L.5.4             | Sichtprüfung                                                                                                                                     | 61 |
| L.6               | Qualitätsplan                                                                                                                                    | 61 |
| L.6.1             | Allgemeines                                                                                                                                      | 61 |
| L.6.2             | Zweck                                                                                                                                            | 61 |
| L.6.3             | Anwendung des Qualitätsplans                                                                                                                     | 61 |
| L.7               | Zulässige Korrektur                                                                                                                              | 61 |
| L.7.1             | Allgemeines                                                                                                                                      | 61 |
| L.7.2             | Nachträgliche Wärmebehandlung                                                                                                                    | 62 |
| L.7.3             | Wiederholungsprüfung                                                                                                                             | 62 |
| L.7.4             | Richten von Radsatzwellen                                                                                                                        | 62 |
| L.7.5             | Mechanische Nacharbeiten                                                                                                                         | 62 |
| Anhang M          | (normativ) Messung des Wasserstoffgehalts im Stahl für Radsatzwellen in der Schmelzphase                                                         | 63 |
| M.1               | Allgemeines                                                                                                                                      | 63 |
| M.2               | Probenahme                                                                                                                                       | 63 |
| M.3               | Analyseverfahren                                                                                                                                 | 63 |
| M.4               | Sicherheitsvorkehrungen                                                                                                                          | 63 |
| Anhang ZA         | (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden EU-Richtlinie (EU) 2016/797/EG | 64 |
| Literaturhinweise |                                                                                                                                                  | 68 |

## Bilder

|          |                                                                                                                  |    |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild 1   | — Probenlage                                                                                                     | 11 |
| Bild 2   | — Probenlage                                                                                                     | 13 |
| Bild 3   | — Kerben von Dauerfestigkeitsproben                                                                              | 15 |
| Bild 4   | — Lage der Probe für die mikrografische Untersuchung (Vollwelle und Hohlwelle)                                   | 17 |
| Bild 5   | — Position der Messstellen                                                                                       | 19 |
| Bild 6   | — Symbole für die Oberflächenbeschaffenheit                                                                      | 22 |
| Bild 7   | — Zonen                                                                                                          | 23 |
| Bild 8   | — Symbole für Form- und Lagetoleranzen                                                                           | 26 |
| Bild 9   | — Symbole für Maßtoleranzen                                                                                      | 28 |
| Bild 10  | — Proben für Salzsprühnebeltest                                                                                  | 32 |
| Bild B.1 | — Kleinprobenprüfstück für die Bestimmung des Dauerfestigkeitsgrenzwerts von Stahl (Beispiel 1)                  | 37 |
| Bild B.2 | — Kleinprobenprüfstück für die Bestimmung des Dauerfestigkeitsgrenzwerts von Stahl (Beispiel 2)                  | 38 |
| Bild B.3 | — Kleinprobenprüfstück zur Bestimmung der Beständigkeit der Beschichtung unter mechanischer Wechselbeanspruchung | 38 |
| Bild B.4 | — Probe in Originalgröße für den Dauerfestigkeitsversuch (Beispiel 1)                                            | 39 |
| Bild B.5 | — Probe in Originalgröße für den Dauerfestigkeitsversuch (Beispiel 2)                                            | 40 |
| Bild C.1 | — Beispiele für einen Normprobenblock                                                                            | 42 |
| Bild D.1 | — Radsatzwellen mit massiver Bohrung und Hohlwellen: Position der Messfläche                                     | 43 |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild D.2 — Vollwelle: Position der Messfläche . . . . .                     | 43 |
| Bild E.1 — Position der Dehnungsmessstreifen und des Sägeschnitts . . . . . | 44 |

## Tabellen

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1 — Grenzwerte durch Produktanalyse . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                       | 9  |
| Tabelle 2 — Am halben Radius von Vollwellen oder in der Mitte zwischen Außen- und Innenfläche von Hohlwellen zu erreichende Werte . . . . .                                                                                                                                                                                 | 10 |
| Tabelle 3 — Am mittleren Radius von Vollwellen oder am mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen von Hohlwellen zu erreichende Werte . . . . .                                                                                                                                                                     | 12 |
| Tabelle 4 — Dauerfestigkeitsgrenzwerte . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                            | 15 |
| Tabelle 5 — Maximale Werte von Einschlüssen in feinen und dicken Reihen . . . . .                                                                                                                                                                                                                                           | 16 |
| Tabelle 6 — Kalibrierung für die Durchlässigkeitsprüfung . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                          | 19 |
| Tabelle 7 — Oberflächenbeschaffenheit . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                             | 20 |
| Tabelle 8 — Grenzwerte für Anzeichen in Längsrichtung . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                             | 24 |
| Tabelle 9 — Form- und Lagetoleranzen . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                              | 25 |
| Tabelle 10 — Maßtoleranzen . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 27 |
| Tabelle 11 — Schutzbeschichtungen — Prüfanforderungen . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                             | 29 |
| Tabelle A.1 — Am mittleren Radius von Vollwellen oder am mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen von Hohlwellen zu erreichende Werte . . . . .                                                                                                                                                                   | 35 |
| Tabelle A.2 — Am mittleren Radius von Vollwellen oder am mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen von Hohlwellen zu erreichende Werte . . . . .                                                                                                                                                                   | 36 |
| Tabelle H.1 — Ergebnisse . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 48 |
| Tabelle K.1 — Qualifikationsvalidierungsplan in Abhängigkeit von den Veränderungen des Fertigungsprozesses . . . . .                                                                                                                                                                                                        | 54 |
| Tabelle L.1 — Art und Mindestanzahl der durchzuführenden Kontrollen . . . . .                                                                                                                                                                                                                                               | 60 |
| Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm, Verordnung (EU) Nr. 321/2013 der Kommission über die technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) des Teilsystems „Fahrzeuge — Güterwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union* und Richtlinie (EU) 2016/797 . . . . .                | 65 |
| Tabelle ZA.2 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm, Verordnung (EU) Nr. 1302/2014 der Kommission über eine technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lokomotiven und Personenwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union* und Richtlinie (EU) 2016/797 . . . . . | 66 |

## Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13261:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Document ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13261:2020 ersetzen.

Diese Überarbeitung beinhaltet:

- eine verbesserte Festlegung der zur Qualifikation vorgelegten Produktgruppen;
- verbesserte Anforderungen für die Beurteilung der Produktqualifikation nach im Fertigungsprozess vorgenommenen Änderungen;
- zusätzliche Möglichkeiten zur Durchführung dieser Prüfungen mit Radsatzwellen-Verlängerungen.

Die informativen Anhänge zu diesem Dokument enthalten eine zusätzliche Anleitung, die nicht verbindlich ist, aber hilft, das Dokument zu verstehen oder zu nutzen.

Die informativen Anhänge dürfen optionale Anforderungen enthalten. Ein Prüfverfahren, das optional ist oder als Beispiel präsentiert wird, darf beispielsweise Anforderungen enthalten, die jedoch nicht für die Übereinstimmung mit diesem Dokument erfüllt werden müssen

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n)/Verordnung(en).

Zum Zusammenhang mit EU Verordnung(en)/Richtlinie(n) siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Eigenschaften von Radsatzwellen für alle Vollbahnspurweiten fest.

Dieses Dokument ist für Vollbahnfahrzeuge und grundsätzlich für andere Fahrzeuge wie städtische Schienenbahnen anwendbar.

Es legt Eigenschaften für geschmiedete oder gewalzte massive und längsgebohrte Radsatzwellen aus den vakuumtgesten Stahlsorten EA1N<sup>1</sup>, EA1T<sup>1</sup> und EA4T<sup>1</sup> fest. Für längsgebohrte Radsatzwellen gilt diese Norm nur, wenn diese durch mechanische Bearbeitung der Bohrung in einer geschmiedeten oder gewalzten massiven Radsatzwelle hergestellt werden.

Die in dieser Norm festgelegten Anforderungen sind für zylindrische Radsitze anwendbar. Die meisten Anforderungen sind darüber hinaus für Radsatzwellen mit konischen Radsitzen anwendbar. Spezifische Anforderungen an konische Radsitze (z. B. geometrische Abmessungen der Radsitze) werden in der technischen Spezifikation festgelegt.

Einige Eigenschaften sind in Abhängigkeit von Kategorie 1 oder Kategorie 2 angegeben.

Dieses Dokument ist für Radsatzwellen, die in Übereinstimmung mit den Anforderungen nach EN 13103-1:2017+A1:2022 entworfen wurden, anwendbar.

Dieses Dokument erlaubt außerdem Abweichungen der Materialeigenschaften in Verbindung mit alternativen Fertigungsverfahren (z. B. Kaltwalzen, 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 13103-1:2017+A1:2022, *Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Teil 1: Konstruktionsleitfaden für außengelagerte Radsatzwellen*

EN 22768-1:1993, *Allgemeintoleranzen — Teil 1: Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung (ISO 2768-1:1989)*

EN ISO 22081:2021, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Allgemeine geometrische und Größenmaßspezifikationen (ISO 22081:2021)*

EN ISO 148-1:2016, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1)*

EN ISO 643:2020, *Stahl — Mikrophotographische Bestimmung der erkennbaren Korngröße (ISO 643:2019, korrigierte Fassung 2020-03)*

EN ISO 11997-1:2017, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Beständigkeit bei zyklischen Korrosionsbedingungen — Teil 1: Nass (Salzsprühnebel)/trocken/feucht (ISO 11997-1:2017)*

EN ISO 2409:2020, *Beschichtungsstoffe — Gitterschnittprüfung (ISO 2409:2020)*

---

<sup>1</sup> N für einen normierten metallurgischen Zustand

T für einen vergüteten metallurgischen Zustand

EN ISO 2808:2019, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Schichtdicke (ISO 2808:2019)*

EN ISO 4624:2016 *Paints and varnishes — Pull-off test for adhesion (ISO 4624:2016)*

EN ISO 6507-1:2018, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Vickers — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6507-1:2018)*

EN ISO 6892-1:2019, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2019)*

EN ISO 9227:2022, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen (ISO 9227:2022)*

EN ISO 14284:2022, *Stahl und Eisen — Entnahme und Vorbereitung von Proben für die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung (ISO 14284:2022)*

EN ISO 16276-2:2007, *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 4967:2013 *Steel — Determination of content of non-metallic 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 9769:2018<sup>2</sup>, *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 <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

#### 3.1

##### **technische Spezifikation**

Dokument, das bestimmte Parameter und/oder Produkthanforderungen zusätzlich zu den Anforderungen dieses Dokuments 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 Radsatzwellen derselben Konstruktion, die aus einem Werkstoff aus einer einzelnen Schmelze in einem identischen Warmverformungsprozess geschmiedet oder gewalzt und gleichzeitig in einem identischen Verfahren behandelt wurden. Wenn der Werkstoff aus mehreren Schmelzen mit der erwarteten chemischen Zusammensetzung hergestellt wird, können die daraus entstandenen Radsatzwellen zu einem Los kombiniert

---

<sup>2</sup> Siehe auch CEN/TR 10261:2019.

werden. In diesem Fall muss im Rahmen der Produktqualifizierung nachgewiesen werden, dass die gefertigten Radsatzwellen der verschiedenen Schmelzen die Anforderungen der Produktqualifikation erfüllen.

### 3.3

#### **Radsatzkategorien**

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Kategorie 1 wird allgemein gewählt, wenn die Zuggeschwindigkeit mehr als 200 km/h beträgt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Kategorie 2 wird allgemein gewählt, wenn die Betriebsgeschwindigkeit nicht mehr als 200 km/h beträgt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Diese Kategorien können auch entsprechend der technischen Spezifikation festgelegt werden,

## 4 Produkteigenschaften

### 4.1 Chemische Zusammensetzung

#### 4.1.1 Zu erreichende Werte

Die Prozentwerte des Gehalts der verschiedenen Elemente müssen Tabelle 1 entsprechen.

**Tabelle 1 — Grenzwerte durch Produktanalyse**

| <b>Sorte</b> | <b>C</b><br>% | <b>Si</b><br>% | <b>Mn</b><br>% | <b>P</b> <sup>a</sup><br>% | <b>S</b> <sup>a,b</sup><br>% | <b>Cr</b><br>% | <b>Cu</b><br>% | <b>Mo</b><br>% | <b>Ni</b><br>% | <b>V</b><br>% |
|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| EA1N         | ≤ 0,40        | ≤ 0,50         | ≤ 1,20         | ≤ 0,020                    | ≤ 0,015 <sup>a,b</sup>       | ≤ 0,30         | ≤ 0,30         | ≤ 0,08         | ≤ 0,30         | ≤ 0,06        |
| EA1T         | ≤ 0,40        | ≤ 0,50         | ≤ 1,20         | ≤ 0,020                    | ≤ 0,015 <sup>a,b</sup>       | ≤ 0,30         | ≤ 0,30         | ≤ 0,08         | ≤ 0,30         | ≤ 0,06        |
| EA4T         | ≥ 0,22        | ≥ 0,15         | ≥ 0,50         |                            |                              | ≥ 0,90         |                | ≥ 0,15         |                |               |
|              | ≤ 0,29        | ≤ 0,40         | ≤ 0,80         | ≤ 0,020                    | ≤ 0,015 <sup>b</sup>         | ≤ 1,20         | ≤ 0,30         | ≤ 0,30         | ≤ 0,30         | ≤ 0,06        |

<sup>a</sup> Ein maximaler Gehalt von 0,025 % darf in der technischen Spezifikation vereinbart werden.

<sup>b</sup> Ein Mindestschwefelgehalt darf in der technischen Spezifikation entsprechend dem Stahlherstellungsprozess vereinbart werden, um Schutz vor Wasserstoffversprödung zu bieten.

#### 4.1.2 Probenahmeverfahren

Der Prüfkörper muss aus dem mittleren Radius Vollwellen oder am mittleren Abstand zwischen Innen- und Außenflächen Hohlwellen entnommen werden.

Die chemische Zusammensetzung kann alternativ durch Schmelzanalyse bestimmt werden.

Sofern in der technischen Spezifikation festgelegt, darf die Probe aus einer Verlängerung der Radsatzwelle nach Anhang A entnommen werden.

#### 4.1.3 Chemische Analyse

Die Analyse der chemischen Zusammensetzung muss in Übereinstimmung mit den in ISO/TR 9769 beschriebenen Verfahren und Festlegungen durchgeführt werden, sofern in der technischen Spezifikation keine andere Norm festgelegt ist.

ANMERKUNG ASTM E415-14 und ASTM E1019-11 können angewendet werden.

## 4.2 Mechanische Eigenschaften

### 4.2.1 Eigenschaften aus der Zugprüfung

#### 4.2.1.1 Zu erreichende Werte

Die am halben Radius Vollwellen oder am mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen Hohlwellen zu erreichenden Werte sind in Tabelle 2 angegeben.

Die nahe der Außenfläche zu erreichenden Werte müssen mindestens dem 0,95-fachen der am mittleren Radius bei Vollwellen oder dem mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen bei Hohlwellen gemessenen Werte entsprechen.

Die in der Mitte von Vollwellen oder nahe der Innenfläche von Hohlwellen zu erreichenden Werte müssen mindestens dem 0,8-fachen der am mittleren Radius von Vollwellen oder dem mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen gemessenen Werte entsprechen.

**Tabelle 2 — Am halben Radius von Vollwellen oder in der Mitte zwischen Außen- und Innenfläche von Hohlwellen zu erreichende Werte**

| Sorte | $R_{eH}^a$<br>MPa | $R_m$<br>MPa | $A_5$<br>% |
|-------|-------------------|--------------|------------|
| EA1N  | ≥ 320             | 550 bis 650  | ≥ 22       |
| EA1T  | ≥ 350             | 550 bis 700  | ≥ 24       |
| EA4T  | ≥ 420             | 650 bis 800  | ≥ 18       |

<sup>a</sup> Wenn keine charakteristische Streckgrenze vorhanden ist, muss die Nachweisspannung  $R_{p0,2}$  bestimmt werden.

#### 4.2.1.2 Probenlage

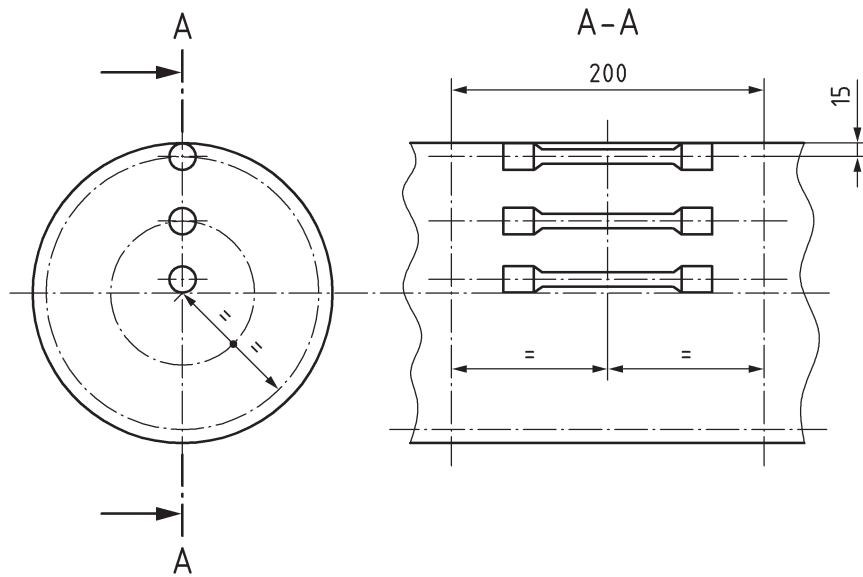
Die Proben müssen an drei Ebenen des Radsatzwellenabschnitts mit dem größten Durchmesser

- so nahe wie möglich an der äußeren Oberfläche für alle Radsatzwellen,
- am mittleren Radius und in der Mitte bei Vollwellen,
- am mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen und nahe der Innenfläche bei Hohlwellen entnommen werden,

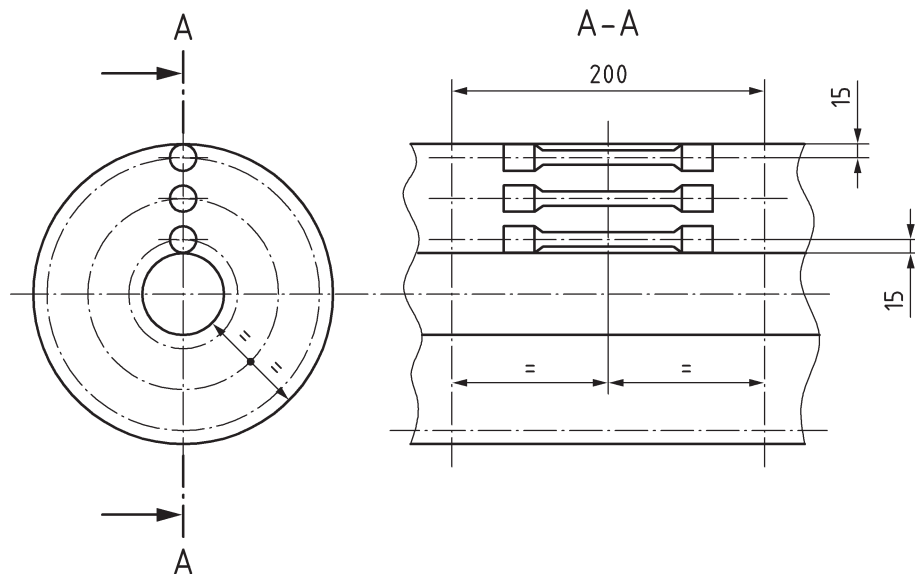
wie in Bild 1 a) und b) gezeigt.

Sofern in der technischen Spezifikation festgelegt, darf die Probe bei geschmiedeten Radsatzwellen aus einer Verlängerung des Wellenschenkels nach Anhang A entnommen werden.

Maße in Millimeter



a) — Vollwelle



b) — Hohlwelle

Bild 1 — Probenlage

#### 4.2.1.3 Prüfverfahren

Die Prüfung muss nach EN ISO 6892-1 durchgeführt werden. Der Durchmesser der Probe muss im abgedrehten Bereich mindestens 10 mm betragen. Die Messlänge muss dem fünffachen Durchmesser entsprechen.

#### 4.2.2 Eigenschaften ausgehend vom Kerbschlagbiegeversuch

##### 4.2.2.1 Zu erreichende Werte

Die Eigenschaften im Kerbschlagbiegeversuch müssen in Längs- und Querrichtung bestimmt werden.

Am mittleren Radius bei Vollwellen oder am mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen bei Hohlwellen zu erreichende Werte sind in Tabelle 3 angegeben.

Nahe der Oberfläche muss der aus 3 Proben berechnete mittlere Wert mindestens dem 0,95-fachen der am mittleren Radius oder dem mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen Hohlwellen gemessenen mittleren Werte entsprechen.

In der Mitte von Vollwellen oder nahe der äußeren Oberfläche Hohlwellen muss der aus 3 Proben berechnete Mittelwert mindestens dem 0,8-fachen der am mittleren Radius von Vollwellen oder dem mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen gemessenen mittleren Werte entsprechen.

Sofern in der technischen Spezifikation festgelegt, darf die Probe bei geschmiedeten Radsatzwellen aus der Verlängerung des Wellenschenkels nach Anhang A entnommen werden.

Kein einzelner Wert darf die in Tabelle 3 festgelegten Mindestwerte unterschreiten.

**Tabelle 3 — Am mittleren Radius von Vollwellen oder am mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen von Hohlwellen zu erreichende Werte**

| Sorte | Mittelwert <i>KU</i> in Längsrichtung (J) | Mindestwert <i>KU</i> in Längsrichtung (J) | Mittelwert <i>KU</i> in Querrichtung (J) | Mindestwert <i>KU</i> in Querrichtung (J) |
|-------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| EA1N  | ≥ 30                                      | ≥ 21                                       | ≥ 20                                     | ≥ 14                                      |
| EA1T  | ≥ 40                                      | ≥ 28                                       | ≥ 25                                     | ≥ 18                                      |
| EA4T  | ≥ 40                                      | ≥ 28                                       | ≥ 25                                     | ≥ 18                                      |

#### 4.2.2.2 Lage der Proben

Die Proben müssen an drei Ebenen des größten Radsatzwellenabschnitts entnommen werden:

- so nahe wie möglich an der äußeren Oberfläche für alle Radsatzwellen;
- am mittleren Radius und in der Mitte bei Vollwellen;
- am mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen und nahe der Innenfläche bei Hohlwellen;

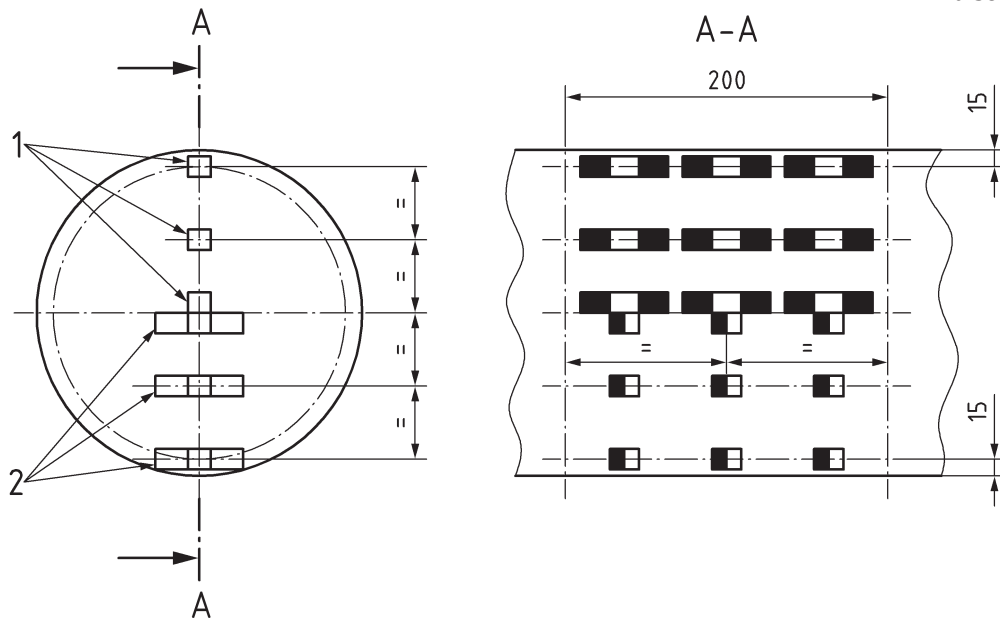
wie in Bild 2 a) und 2b) gezeigt.

Sofern in der technischen Spezifikation festgelegt, darf die Probe bei geschmiedeten Radsatzwellen aus einer Überlänge an den Wellenschenkeln nach Anhang A entnommen werden.

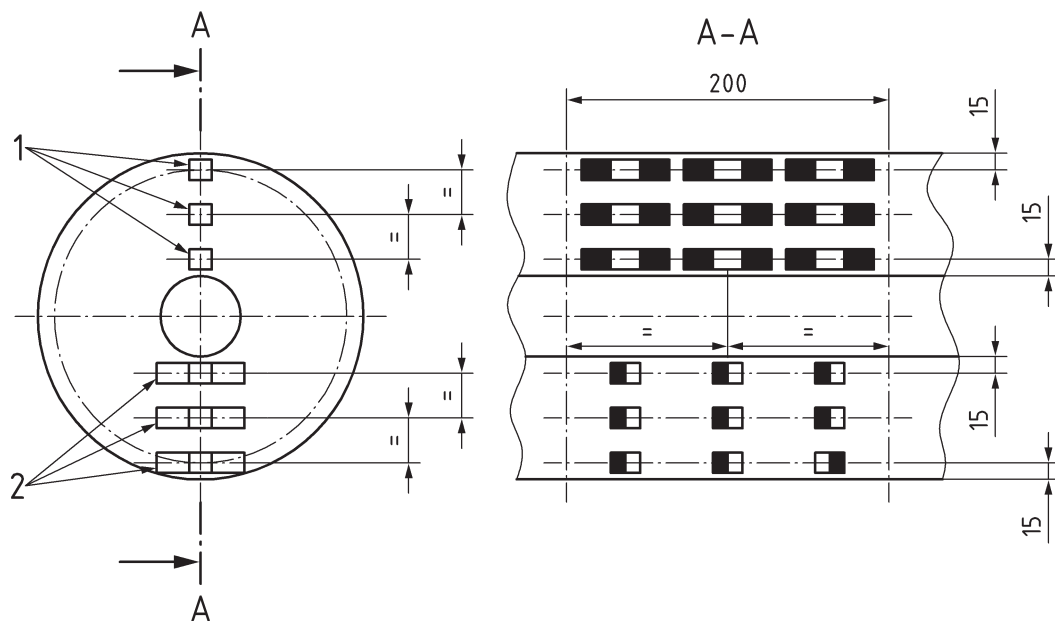
#### 4.2.2.3 Prüfverfahren

Die Prüfung 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 Verifizierung der Dauerfestigkeitseigenschaften ist von Wesentlicher Bedeutung, um Radsatzwellen korrekt zu auszulegen. Die einwandfreie Funktion einer Radsatzwelle im Betrieb hängt von diesen Eigenschaften ab. Die in diesem Unterabschnitt festgelegten Werte werden für die Berechnung der maximal zulässigen Spannungen, auf die in den Konstruktionsverfahren nach EN 13103-1 Bezug genommen wird, verwendet.

Die Dauerfestigkeitsgrenzwerte müssen in den folgenden Bereichen bestimmt werden, um das Verhalten der Radsatzwelle unter Betriebsbeanspruchung vorherzusagen:

- für das Material werden die Prüfungen an Proben im verkleinerten Maßstab durchgeführt, bei denen die Formen nicht von der Produktgeometrie abhängig sind;
- für das Produkt werden die Prüfungen an Proben in Originalgröße durchgeführt, für die die Abmessungen und der Fertigungsprozess mit dem Endprodukt und seinen zugehörigen zulässigen Herstellungsmängel vergleichbar sind.

##### 4.2.3.1.2 Dauerfestigkeitsgrenzwerte an Proben im verkleinerten Maßstab

Die an Kleinproben ermittelten Dauerfestigkeitsgrenzwerte werden verwendet, um zu verifizieren, dass der Kerbempfindlichkeit des für die Fertigung der Radsatzwelle verwendeten Materials dem in der Auslegungsnorm EN 13103-1 festgelegten Sicherheitsbeiwert „S“ entspricht. Diese Werte werden bestimmt anhand von:

- Proben mit kerbfreier Oberfläche (Dauerfestigkeitsgrenzwert  $R_{fL}$ );
- Proben mit gekerbter Oberfläche (Dauerfestigkeitsgrenzwert  $R_{fE}$ ).

##### 4.2.3.1.3 Dauerfestigkeitsgrenzwerte an Proben in Originalgröße

Die an Proben in Originalgröße bestimmten Grenzwerte dienen dazu, zu verifizieren, dass die Dauerfestigkeitseigenschaften den Werten entsprechen, die zur Berechnung der maximalen zulässigen Spannung nach der Gestaltungsnorm EN 13103-1 verwendet werden.

Diese Dauerfestigkeitsgrenzwerte sind auf verschiedene Radsatzwellenbereiche anwendbar. In dieser Norm werden nur die auf den Radsatzwellenkörper anwendbaren Dauerfestigkeitsgrenzwerte berücksichtigt.

**ANMERKUNG** Die für Radsatzwellensitze anzuwendenden Grenzwerte sind teilweise von der Montage abhängig und sind in EN 13260 angegeben.

Zwei Dauerfestigkeitsgrenzwerte müssen festgelegt werden:

- Grenzwert  $F_1$  auf der Körperoberfläche;
- Grenzwert  $F_2$  auf der Bohrungsoberfläche im Fall einer Hohlwelle. Der Grenzwert  $F_2$  muss für den im Anwendungsbereich dieser Norm präsentierten Stahl nicht verifiziert werden.

#### 4.2.3.2 Zu erreichende Werte

Die zu erreichenden Werte sind in Tabelle 4 angegeben.

**Tabelle 4 — Dauerfestigkeitsgrenzwerte**

| Sorte | $F_1$<br>(MPa) | $F_2$<br>(MPa) | $R_{fL}$<br>(MPa) | $R_{fE}$<br>(MPa) | $q = R_{fL} / R_{fE}^a$<br>(informative Werte) |
|-------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|------------------------------------------------|
| EA1N  | $\geq 200$     | $\geq 80$      | $\geq 250$        | $\geq 170$        | $\leq 1,47$                                    |
| EA1T  | $\geq 200$     | $\geq 80$      | $\geq 250$        | $\geq 170$        | $\leq 1,47$                                    |
| EA4T  | $\geq 240$     | $\geq 96$      | $\geq 350$        | $\geq 215$        | $\leq 1,63$                                    |

<sup>a</sup> Die Dauerfestigkeitsgrenzwerte für Proben ungekerbter und gekerbter Proben in Tabelle 4 werden als Referenz zur Berechnung der Sicherheitsbeiwerte in EN 13103-1, die für:  $q \leq 1,47$  für EA1N und EA1T und  $q \leq 1,63$  für EA4T anwendbar sind, verwendet.

#### 4.2.3.3 Dauerfestigkeitsproben

Um  $F_1$  und  $F_2$  zu bestimmen, müssen die Proben im Anrissbereich eine Geometrie und Oberflächenrauheit haben, die mit der der zu analysierenden Radsatzwellenbereiche vergleichbar ist. Um  $F_2$  zu bestimmen, muss die Oberfläche der Proben eine 1 mm tiefe Kerbe aufweisen, wie in Bild 3b) festgelegt. Alle Proben müssen anhand desselben Fertigungsprozesses hergestellt werden, der für die Radsatzwelle verwendet wird.

Um  $R_{fL}$  und  $R_{fE}$  zu bestimmen, müssen die Proben einen Durchmesser von etwa 10 mm im Anrissbereich aufweisen. Die Oberflächenrauheit ( $Ra$ ) der Probe für die Bestimmung von  $R_{fL}$  darf nicht mehr als  $0,4 \mu m$  betragen. Die Kerbe für die Bestimmung von  $R_{fE}$  ist in Bild 3a) festgelegt. Diese Proben werden so nah wie möglich an der Oberfläche des Radsatzwellenkörpers entnommen.

Maße in Millimeter



**Bild 3 — Kerben von Dauerfestigkeitsproben**

Anhang B enthält Zeichnungen der Proben in Originalgröße und mit reduzierten Abmessungen.

#### 4.2.3.4 Prüfverfahren

Die Prüfungen müssen mit Prüfständen ausgeführt werden, die Umlaufbiegespannungen in den Anrissbereichen erzeugen, wo dies zur Einleitung einer Dauerfestigkeitsrissbildung erforderlich ist.

Für jeden Grenzwert  $F_1$  und  $F_2$  muss verifiziert werden, dass für drei Proben nach  $10^7$  Lastzyklen, die eine Oberflächenspannung von  $F_1$  und  $F_2$  erzeugen kein Riss auftritt. Die Spannungswerte sind Nennspannungen und werden durch klassische Balkentheorie im Verhältnis zu den Normproben für die in Anhang B festgelegten Prüfungen berechnet.

Alternativ können die lokalen Spannungen durch Dehnungsmessstreifen gemessen werden. Diese lokalen Spannungen müssen durch Spannungskonzentrationsfaktoren auf die zu verifizierende beabsichtigte Spannung in den Querschnitten, in denen Ermüdungsrisse entstehen, skaliert werden. Der Spannungskonzentrationsfaktor sollte durch eine statische Prüfung bestimmt werden.

$R_{FL}$  und  $R_{FE}$  müssen für  $10^7$  Zyklen für eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 50 % bestimmt werden, was die Verwendung von mindestens 15 Proben für jeden Grenzwert und ein statistisches Verfahren zur Auswertung der Ergebnisse erfordert.

ANMERKUNG Die Anzahl der zum Erhalt der Proben verwendeten Radsatzwellen kann in der technischen Spezifikation bestimmt werden.

### 4.3 Mikrografische Gefügeeigenschaften

#### 4.3.1 Zu erreichende Werte

Die Mikrogefüge von EA1N und EA1T muss Ferrit und Perlit entsprechen.

Die Stahlsorte EA4T besteht aus einer mikrografischen Struktur von Bainit und gehärtetem Martensit. Spuren von Ferrit können gefunden werden.

Die Korngröße von EA1N, EA1T und EA4T (austenitische Korngröße) darf nicht grober sein, als durch das Referenzdiagramm 5 in EN ISO 643:2020, Anhang B, festgelegt.

#### 4.3.2 Lage der Probe

Die Proben müssen aus dem größten Radsatzwellenabschnitt in einer Ebene von  $200\text{ mm}^2$  senkrecht zum Pfeil F, am mittleren Radius bei Vollwellen oder dem mittleren Abstand zwischen der Außen- und Innenfläche bei Hohlwellen entnommen werden, wie in Bild 4 gezeigt.

Sofern in der technischen Spezifikation festgelegt, darf die Probe bei geschmiedeten Radsatzwellen aus einer Überlänge an den Wellenschenkeln nach Anhang A entnommen werden.

#### 4.3.3 Prüfverfahren

Prüfungen müssen nach EN ISO 643 durchgeführt werden.

### 4.4 Reinheit des Materials

#### 4.4.1 Mikrografischer Reinheitsgrad

##### 4.4.1.1 Zu erreichender Reinheitsgrad

Der Reinheitsgrad muss durch mikrografische Untersuchung nach 4.4.1.2 und 4.4.1.3 gemessen werden. Die zu erreichenden maximalen Einschlusswerte sind in Tabelle 5 angegeben.

**Tabelle 5 — Maximale Werte von Einschlüssen in feinen und dicken Reihen**

| Arten von Einschlüssen | Kategorie 1              |                          | Kategorie 2              |                          |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                        | Dicke Reihe<br>(maximal) | Feine Reihe<br>(maximal) | Dicke Reihe<br>(maximal) | Feine Reihe<br>(maximal) |
| A (Schwefel)           | 1,5                      | 1,5                      | 1,5                      | 2                        |
| B (Aluminat)           | 1                        | 1,5                      | 1,5                      | 2                        |
| C (Silikat)            | 1                        | 1,5                      | 1,5                      | 2                        |
| D (kugelförmiges Oxid) | 1                        | 1,5                      | 1,5                      | 2                        |
| B + C + D              | 2                        | 3                        | 3                        | 4                        |
| DS                     | 1,5                      |                          | 2                        |                          |

#### **4.4.1.2 Lage der mikrografischen Probe**

Bild 4 zeigt die Lage der Proben.

Die Untersuchung muss in einer Ebene von 200 mm<sup>2</sup> senkrecht zum Pfeil F, am mittleren Radius bei Vollwellen oder dem mittleren Abstand zwischen der Außen- und Innenfläche bei Hohlwellen entnommen werden. Die Proben müssen aus dem größten Radsatzwellenabschnitt entnommen werden.

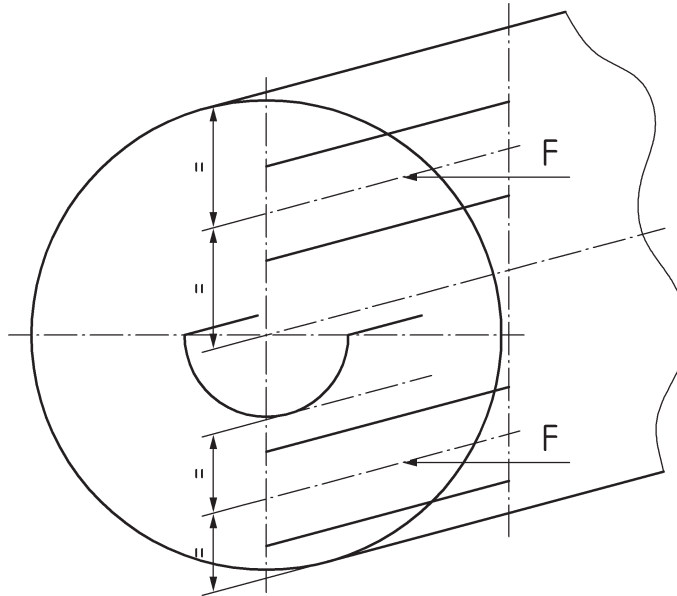


**Bild 4 — Lage der Probe für die mikrografische Untersuchung (Vollwelle und Hohlwelle)**

Sofern in der technischen Spezifikation festgelegt, darf die Probe aus einer Überlänge an den ellenschenkeln nach Anhang A entnommen werden.

#### **4.4.1.3 Prüfverfahren**

Die Bestimmung des Reinheitsgrads muss nach ISO 4967:2013, Verfahren A, erfolgen.

#### **4.4.2 Innere Fehlerfreiheit**

##### **4.4.2.1 Allgemeines**

Die innere Fehlerfreiheit der Radsatzwelle in ihrem vorgedreht oder fertig bearbeiteten Zustand muss durch Ultraschallprüfung mithilfe eines mechanisierten computergestützten Prüfverfahrens bestimmt werden. Standardfehler müssen Löcher mit flachem Boden in verschiedenen Tiefen sein.

##### **4.4.2.2 Zu erreichender Grad**

Die Radsatzwellen dürfen keine inneren Fehler aufweisen, die ein Echo erzeugen, dessen Größenordnung mindestens dem eines Standardfehlers in der gleichen Tiefe entspricht. Der Durchmesser dieses Standardfehlers muss 2 mm für Radsatzwellen der Kategorie 1 und 3 mm für Radsatzwellen der Kategorie 2 betragen. Eine Schwächung des Rückechos von mehr als 4 dB aufgrund von Inhomogenitäten oder innerer Fehler darf nicht akzeptiert werden.

##### **4.4.2.3 Probe**

Die Untersuchung muss an der Radsatzwelle selbst nach der Wärmebehandlung und maschinellen Bearbeitung vor dem Auftragen des abschließenden Schutzes durchgeführt werden.

Wenn Radsatzwellen einer Radialprüfung in ihrem vorgedreht Zustand unterzogen werden, müssen sie nicht im fertigtbearbeiteten Endzustand geprüft werden.

#### 4.4.2.4 Prüfverfahren

Die innere Fehlerfreiheit der Radsatzwelle muss durch Ultraschallprüfung über den Durchmesser (Quereinschallung) nach der DA-Methode nach ISO 5948:2018 Da verifiziert werden. Die gesamte Radsatzwelle muss mit Ausnahme bestimmter Teile (Kehlnähte, Nute usw.) entsprechend der technischen Spezifikation untersucht werden.

### 4.5 Ultraschall-Durchlässigkeit

#### 4.5.1 Allgemeines

Die Durchlässigkeit muss die Durchführbarkeit der Ultraschallprüfung während des Betriebs sicherstellen und wird durch Erstellen eines Prüfprotokolls für die Radsatzwelle nach vorläufiger Kalibrierung des Messgeräts verifiziert.

#### 4.5.2 Zu erreichender Grad

Das von den geprüften Radsatzwellen erhaltene Echo muss eine Amplitude haben, die mindestens 50 % der Bildschirmhöhe nach vorläufiger Kalibrierung der Einrichtung an dem in Anhang C beschriebenen Vergleichskörper aufweist. Die Höhe des Hintergrundrauschens darf 10 % der Bildschirmhöhe nicht überschreiten.

#### 4.5.3 Prüfkörper

Der zu untersuchende Prüfkörper muss die Radsatzwelle nach vollständiger Wärmebehandlung sein.

Der Zustand der Radsatzwellenstirnseiten zum Zeitpunkt der Prüfung muss dem geforderten Lieferzustand ohne Beschichtung entsprechen.

Diese Prüfung wird einmal vor der Markierung der Radsatzwelle und vor der maschinellen Bearbeitung der Gewindebohrungen für die Befestigung der Druckkappen des Radsatzlagers durchgeführt. Der Rauheitsparameter  $R_a$  der Radsatzwelle darf 12,5  $\mu\text{m}$  nicht überschreiten.

ANMERKUNG Wenn die Geometrie, die Abmessungen und die endbearbeitete Oberfläche der Radsatzwellenenden eine effiziente Messung erlauben, kann die Prüfung nach der Markierung der Radsatzwelle und der maschinellen Bearbeitung der Gewindebohrungen für die Befestigung der Druckkappen des Radsatzlagers durchgeführt werden.

#### 4.5.4 Prüfverfahren

Die Ultraschalldurchlässigkeitsprüfung muss durch Längseinschallung der Radsatzwelle nach ISO 5948:2018, Verfahren T, durchgeführt werden.

Andere Verfahren zur Messung der Durchlässigkeit sind möglich (beispielsweise durch Radialmessung). Jedoch gelten diese als Ergänzung zur Längsmessung und müssen gegebenenfalls in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Falls die Prüfungen nicht durch einen automatisierten Prozess durchgeführt werden, muss die Messung mindestens an 6 Punkten gleichmäßig auf dem Umfang des Wellenschenkels verteilt erfolgen.

Es werden piezoelektrische Messsonden und Transmitter und Empfänger aus Quarz oder Bariumtitan (BaTi) mit runden oder rechteckigen Querschnitten (zwischen 80 mm<sup>2</sup> und 450 mm<sup>2</sup>) verwendet. Ihre Frequenz und die Höhe des vor dem flachen Boden mit einem Durchmesser von 1 mm erhaltenen Echos sind in Tabelle 6 für jede Kategorie beschrieben. Das Rauschen während der Kalibrierung darf 5 % der vollständigen Bildschirmhöhe nicht überschreiten.

Für diese Prüfung muss der Prüfkopf mit schmalen Frequenzbändern, zentriert auf die Nennfrequenzen " $F_n$ " so betrieben werden, dass das Band zwischen  $F_n - 20\%$  und  $F_n + 20\%$  für eine Abschwächung von 3 dB bezogen auf das Frequenzsignal  $F_n$  liegt.

**Tabelle 6 — Kalibrierung für die Durchlässigkeitsprüfung**

|                                                | Kategorie 1 | Kategorie 2     |
|------------------------------------------------|-------------|-----------------|
| Frequenz $F_n$                                 | 5 MHz       | 2 MHz bis 3 MHz |
| Kalibrierungsbedingungen<br>(% Bildschirmhöhe) | 90 %        | 40 %            |

Wenn andere Prüfköpfe verwendet werden, müssen die Kalibrierung und die zu erzielenden Ergebnisse in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Anhang D enthält eine Empfehlung für die Position der Messstellen.

## 4.6 Restspannungen

### 4.6.1 Allgemeines

Die fertige Radsatzwelle darf keine Restspannungen aufweisen, die zu Verformungen der Radsatzwellen führen oder die Entstehung von Ermüdungsrissen begünstigen können.

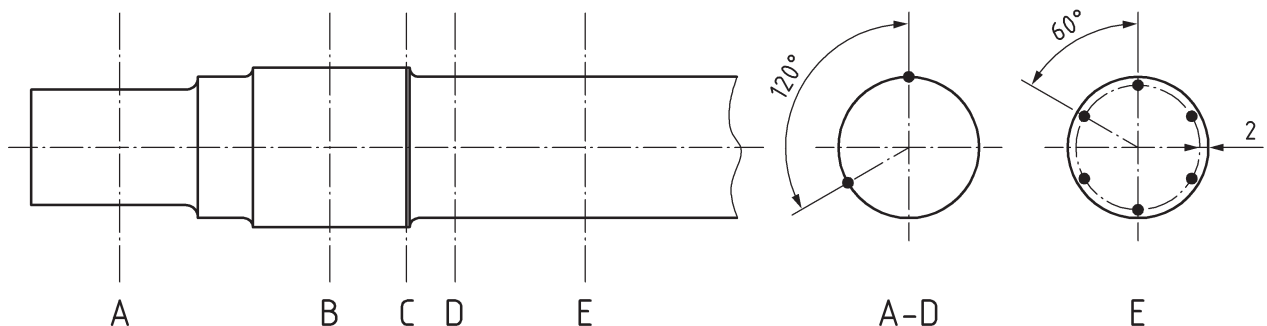
### 4.6.2 Zu erreichende Werte

Restspannungen in Radsatzwellenrichtung dürfen +100 MPa Zugspannung nahe der Radsatzwellenoberfläche (nicht mehr als 0,1 mm unter der Oberfläche je nach Messverfahren) und 2 mm unter der Oberfläche nicht überschreiten.

Die Differenz zwischen den an zwei verschiedenen Punkten 2 mm unter der Oberfläche gemessenen Restspannungswerten darf nicht mehr als 40 MPa betragen.

### 4.6.3 Probe und Position der Messstellen

Als Probe muss die Radsatzwelle im Lieferzustand verwendet werden. Bild 5 zeigt die Position der Messstellen. Die Messstellen des Radsitzes befinden sich an dessen Mitte und an seiner Innenkante.



#### Legende

A, B, C, D und E Messstellen für die Restspannungen

**Bild 5 — Position der Messstellen**

Die Position des Querschnitts C sollte je nach Messverfahren möglichst nahe an der Sitzkante liegen.

#### 4.6.4 Messverfahren

Die Messungen zur Bestimmung der Restspannung können z. B. durch Dehnungsmessstreifen mit Sägeschnitt (siehe Anhang E) oder durch Dehnungsmessstreifen mit Bohrlochmethode (ASTM E837) oder durch Röntgendiffraktion (EN 15305) durchgeführt werden. Das Verfahren muss dokumentiert und in der technischen Spezifikation zugelassen werden.

### 4.7 Oberflächeneigenschaften

#### 4.7.1 Oberflächenbeschaffenheit

##### 4.7.1.1 Zu erreichende Eigenschaften

Die Radsatzwellenoberfläche darf keine anderen Kennzeichnungen als in dieser Norm festgelegt aufweisen.

Die Oberflächenrauheit ( $R_a$ ) ist in Tabelle 7 angegeben. Die Symbole sind in Bild 6 festgelegt.

**Tabelle 7 — Oberflächenbeschaffenheit**

| Bezeichnungen                                     | Symbol<br>(siehe Bild 6)                    | Oberflächenrauheit <sup>a</sup> $R_a$<br>( $\mu\text{m}$ ) |                                     |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                   |                                             | vorgedreht                                                 | fertig oder zusammenbaufertig       |
| Radsatzwellenende                                 | a<br><br>Siehe Einzelheiten<br>R1 und R2    | —                                                          |                                     |
| — Radsatzwellenende und Fase                      |                                             |                                                            | 6,3                                 |
| — Zentrierung<br>(Voll- und Hohlwelle)            |                                             | —                                                          | 3,2                                 |
| Welleschenkel                                     | b<br><br>c (Einzelheit V)                   |                                                            |                                     |
| — Oberfläche des Wellenschenkels                  |                                             | 12,5                                                       | 0,8 <sup>d</sup>                    |
| — Spannungsentlastungsnuten                       |                                             |                                                            | 0,8                                 |
| Dichtringsitz                                     | d1<br><br>d2                                |                                                            |                                     |
| — Dichtringsitz                                   |                                             | 12,5                                                       | 1,6 <sup>d</sup>                    |
| — freie Oberfläche des Dichtringsitzes            |                                             | 12,5                                                       | 1,6 <sup>b</sup>                    |
| Radsitz                                           | e<br><br>f (Einzelheit U)                   |                                                            |                                     |
| — Radsitz-Oberfläche                              |                                             | 12,5                                                       | min. 0,8<br>max. 1,6 <sup>c,d</sup> |
| — Einführfase                                     |                                             |                                                            | 1,6                                 |
| Schaft                                            | g (Einzelheit T)<br><br>l<br><br>h<br><br>j | —                                                          |                                     |
| — Innere Übergangsradien zum Radsitz              |                                             |                                                            | 1,6 <sup>b</sup>                    |
| — Wellenschaftoberfläche                          |                                             |                                                            | 3,2 <sup>b</sup>                    |
| — Getriebesitz- und<br>Bremscheibensitzoberfläche |                                             | 12,5                                                       | min. 0,8<br>max 1,6 <sup>c,d</sup>  |
| — Lagersitz- und<br>Dichtringsitzoberfläche       |                                             | 12,5                                                       | 0,8 <sup>d</sup>                    |

**Tabelle 7 (fortgesetzt)**

| Bezeichnungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Symbol<br><br>(siehe Bild 6) | Oberflächenrauheit <sup>a</sup> <i>Ra</i><br>(µm) |                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                              | vorgedreht                                        | fertig oder zusammenbaufertig |
| — Übergangsradien zwischen zwei Sitzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | k (Einzelheit S)             |                                                   | 1,6                           |
| Bohrung<br>— Bohrungsoberfläche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | m<br><br>(Einzelheit R1)     |                                                   | 3,2 <sup>c</sup>              |
| <p><sup>a</sup> Für alte Radsatzwellentypen mit Gleitlagerzapfen finden sich die Anforderungen in den Normen, die sich mit diesen Produkten befassen.</p> <p><sup>b</sup> Nach der maschinellen Bearbeitung und dem Strahlen darf ein Wert von 6,3 in der technischen Spezifikation vereinbart und dokumentiert werden, wenn der Dauerfestigkeitsgrenzwert <math>F_1</math> oder <math>F_2</math> nach 4.2.3.2 und die erforderliche Empfindlichkeit für die Ultraschallprüfung im Betrieb erreicht werden. Anhang F enthält eine Anleitung zur Beurteilung der Strahlparameter.</p> <p><sup>c</sup> Die zerstörungsfreie Prüfung im Betrieb kann kleinere Werte für die Oberflächenbeschaffenheit erfordern, z. B. <math>Ra</math> 2 µm für die Bohrung.</p> <p><sup>d</sup> Für Sitze mit Molybdänbeschichtung ist eine Rauheit von <math>Ra</math> = 3,2 zulässig.</p> |                              |                                                   |                               |

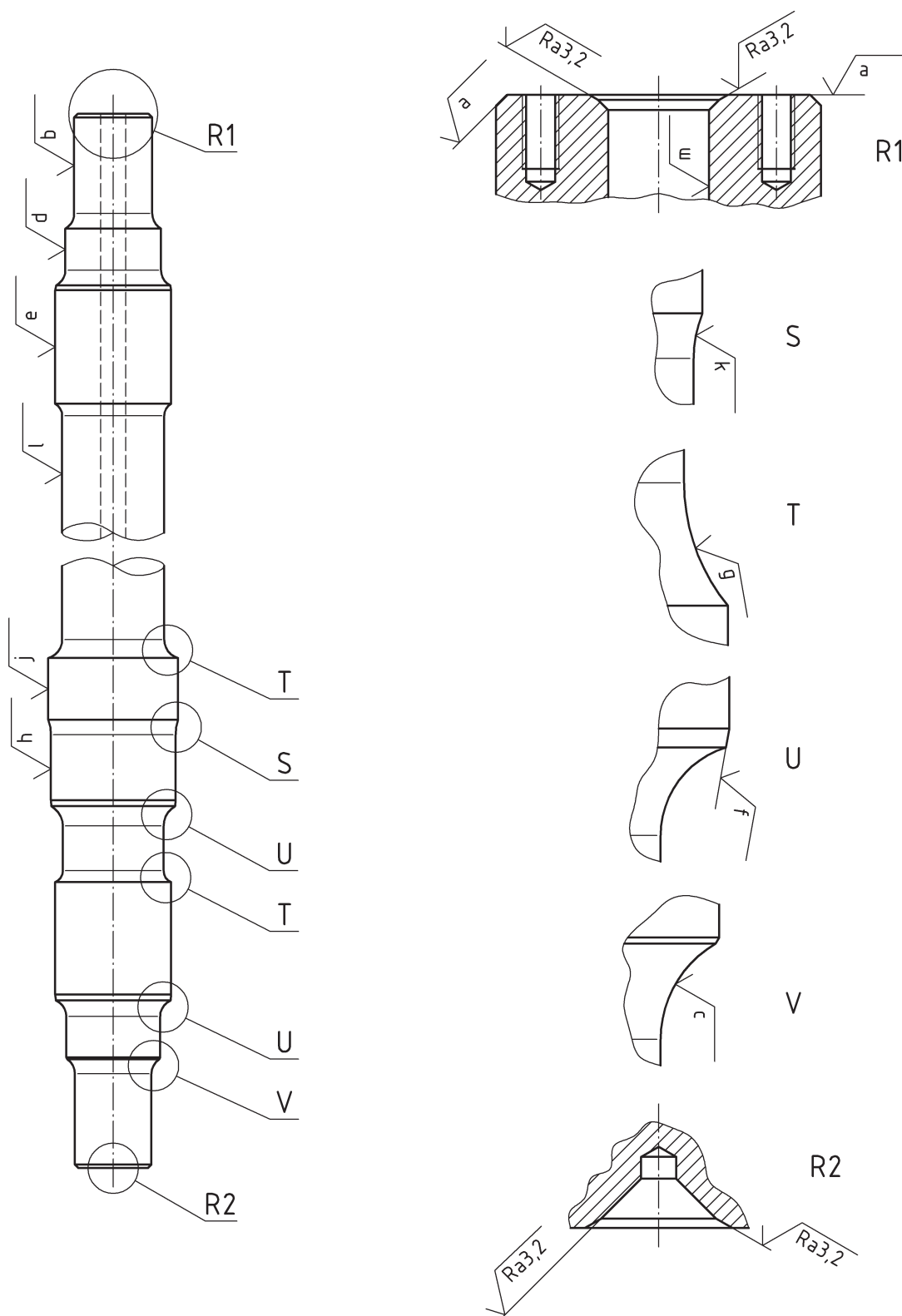


**Bild 6 — Symbole für die Oberflächenbeschaffenheit**

#### 4.7.1.2 Messverfahren

Die mittlere Rauheit von Radsatzwellenoberflächen ( $R_a$ ) in ihrem Lieferzustand nach Tabelle 7 muss mit einer Rauheitsprüfeinrichtung gemessen werden. In Übergangsradien darf die Rauheit durch Vergleich mit Tast- und Sichtproben wie in der technischen Spezifikation genehmigt beurteilt werden.

Die Messung der Rauheit darf keinen Bereich mit einer Oberflächenanzeige überschneiden.

#### 4.7.2 Fehlerfreiheit der Oberflächen

##### 4.7.2.1 Allgemeines

Die Fehlerfreiheit der Oberflächen von Radsatzwellen muss durch eine Magnetpulverprüfung für die äußeren Oberflächen und eine Ultraschallprüfung oder ein vergleichbares Verfahren wie in der technischen Spezifikation genehmigt für die Oberflächen der Bohrung von Hohlwellen bestimmt werden.

##### 4.7.2.2 Zu erreichender Grad

An der äußeren Oberfläche der Radsatzwelle:

- Anzeichen in Querrichtung sind nicht zulässig;
- Anzeichen in Längsrichtung sind außerhalb der Übergangsbereiche  $Z_0$  zulässig (siehe Bild 7), sofern sie innerhalb der in Tabelle 8 angegebenen Grenzwerte liegen (siehe auch L.7).

ANMERKUNG Anzeichen, die mit bloßem Auge nicht erkennbar oder unmöglich zu messen sind, werden als „keine Anzeichen“ angegeben. Der allgemeine Berichtsschwellenwert für lineare Anzeichen ist 1 mm.

Ein Anzeichen gilt als Längsfehler, wenn seine Neigung zur Mittelachse weniger als  $10^\circ$  beträgt.

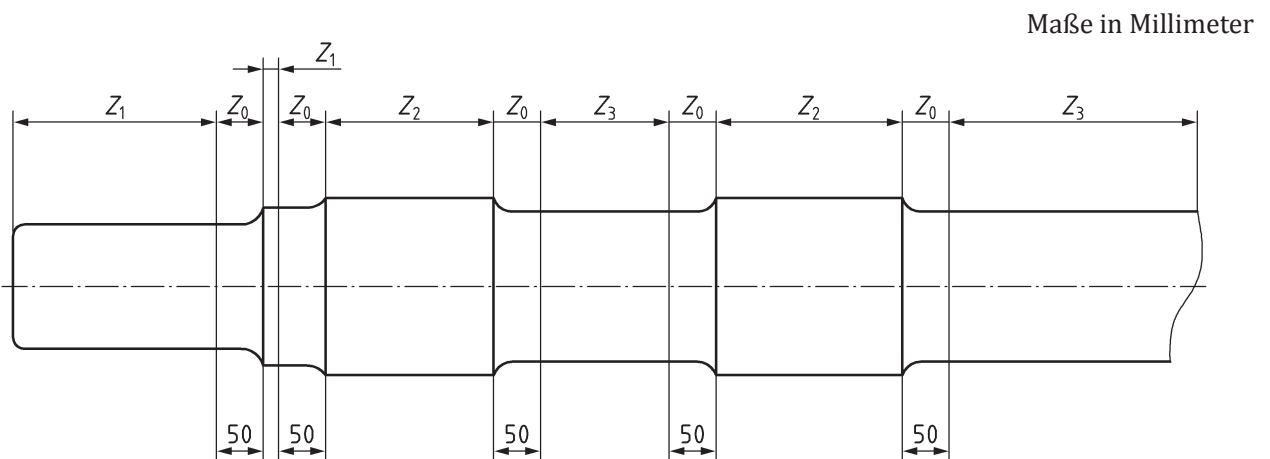


Bild 7 — Zonen

An der Oberfläche der Bohrungen Hohlwellen sind Anzeichen in Querrichtung erlaubt, wenn ihre Tiefe nicht mehr als 0,5 mm beträgt und nicht mehr als ein Anzeichen je Meter Radsatzwellenlänge festgestellt wird.

**Tabelle 8 — Grenzwerte für Anzeichen in Längsrichtung**

| <b>Bereiche</b>                                                                                                                             | <b>Kategorie 1</b>                                    |                                                       | <b>Kategorie 2</b>                                    |                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                             | <b>Maximale Länge einer Einzelanzeige<sup>a</sup></b> | <b>Maximale kumulierte Länge aller Einzelanzeigen</b> | <b>Maximale Länge eines Einzelanzeige<sup>a</sup></b> | <b>Maximale kumulierte Länge aller Einzelanzeigen</b> |
| $Z_0$                                                                                                                                       | Keine Anzeige                                         | Keine Anzeige                                         | Keine Anzeige                                         | Keine Anzeige                                         |
| $Z_1$                                                                                                                                       | ≤ 6 mm                                                | ≤ 6 mm                                                | ≤ 6 mm                                                | ≤ 6 mm                                                |
| $Z_2$                                                                                                                                       | ≤ 6 mm                                                | ≤ 15 mm                                               | ≤ 6 mm                                                | ≤ 15 mm                                               |
| $Z_3$                                                                                                                                       | ≤ 6 mm                                                | ≤ 15 mm                                               | ≤ 10 mm                                               | ≤ 30 mm                                               |
| <sup>a</sup> Anzeigen gelten als Einzelanzeigen, wenn der Abstand zwischen zwei Anzeigen auf derselben Umfangslinie mehr als 10 mm beträgt. |                                                       |                                                       |                                                       |                                                       |

#### **4.7.2.3 Probe**

Die Probe muss die Radsatzwelle selbst nach der Wärmebehandlung im Zustand der maschinellen Endbearbeitung entsprechend dem Kaufauftrag und vor dem Auftragen des Beschichtung sein.

#### **4.7.2.4 Prüfverfahren**

##### **4.7.2.4.1 Äußere Oberfläche der Radsatzwelle**

Die allgemeinen Bedingungen der Magnetpulverprüfung sind in ISO 6933:1986 angegeben, mit Ausnahme für

- den Magnetfluss der Oberfläche, der mehr als 4 mT betragen muss;
- die Leuchtenergie des UV-Lichts, die mehr als 15 W/m<sup>2</sup> betragen muss.

Die Magnetisierungsverfahren sind in ISO 6933 beschrieben:

- Umfangsmagnetisierung für die Untersuchung von Fehlern in Längsrichtung (siehe ISO 6933:1986, Bild a);
- axiale Magnetisierung für die Untersuchung von Fehlern in Querrichtung (siehe ISO 6933:1986, Bild b).

##### **4.7.2.4.2 Bohrungsoberfläche der Radsatzwelle**

Das Verfahren muss in der technischen Spezifikation vereinbart werden. Sofern nicht anders angegeben, muss die Ultraschallprüfung mit einem Einfallwinkel von 45° zur äußeren Oberfläche durchgeführt werden.

Die Bohrungsoberfläche der Radsatzwelle kann durch Sichtprüfung unter Verwendung eines Endoskops/Videoskops oder mit einem beleuchteten Inspektionsspiegel oder anderen zerstörungsfreien Prüfverfahren geprüft werden. Wenn ein Anzeichen in Querrichtung sichtbar ist, muss es weiter behandelt werden, um die Konformität mit Abschnitt 4.7.2.2 zu beurteilen.

#### **4.8 Geometrische und Maßtoleranzen**

Geometrische Toleranzen sind in Tabelle 9 angegeben. Die verwendeten Symbole sind in Bild 8 festgelegt.

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

**Tabelle 9 — Form- und Lagetoleranzen**

| Bezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Symbol<br>(siehe Bild 8)                         | Geometrische Toleranzen <sup>a b</sup><br>(mm) |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                  | Grobe<br>maschinelle<br>Bearbeitung            | Montagebereit    |
| Wellenschenkel<br>— Zylindrizität                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>m</i>                                         | —                                              | 0,015            |
| Bezugsebene<br>— Rundlaufabweichung <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <i>n</i>                                         | —                                              | 0,03             |
| Dichtringsitz<br>— Zylindrizität                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <i>o</i>                                         | —                                              | 0,015            |
| — Rundlaufabweichung <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>o</i>                                         | —                                              | 0,03             |
| Radsitz<br>— Zylindrizität                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>p</i>                                         | 0,1                                            | 0,015            |
| — Rundlaufabweichung <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>p</i>                                         | 1,5                                            | 0,03             |
| Lagersitz oder Anlagefläche der<br>Getriebeeinheit<br>— Zylindrizität                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>r</i>                                         | 0,1                                            | 0,015            |
| — Rundlaufabweichung <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>r</i>                                         | 1,5                                            | 0,02             |
| Kupplung, Bremsscheibe oder<br>Getrieberadsitz<br>— Zylindrizität                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>s</i>                                         | 0,1                                            | 0,015            |
| — Rundlaufabweichung <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>s</i>                                         | 1,5                                            | 0,03             |
| Radsatzwellenschaft<br>— Rundlaufabweichung <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <i>T</i>                                         | —                                              | 0,5 <sup>d</sup> |
| Bohrung<br>— Koaxialität <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>U</i>                                         | —                                              | 0,5              |
| Bohrungen zur Befestigung der<br>Druckkappen<br>— Position <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <i>V</i>                                         | —                                              | 0,5              |
| Zentrierung für die maschinelle<br>Bearbeitung<br>— Rundlaufabweichung (mit<br>Hohlbohrung)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <i>w</i> <sub>2</sub> (Einzelheit<br><i>R1</i> ) | —                                              | 0,03             |
| — Rundlaufabweichung (ohne<br>Hohlbohrung)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>w</i> <sub>1</sub> (Einzelheit<br><i>R2</i> ) | —                                              | 0,02             |
| <sup>a</sup> Für Parameter, zu denen keine Toleranz in dieser Tabelle angegeben ist, müssen die allgemeinen Toleranzen nach EN 22081 angewendet werden.<br><sup>b</sup> Für alte Radsatzwellentypen mit Gleitlagersitzen finden sich die Anforderungen in den Normen, die sich mit diesen Produkten befassen.<br><sup>c</sup> Bezugsachse: Die Bezugsachse wird auf die Wellenschenkel, die als Y-Z in Bild 8 gekennzeichnet sind, bezogen.<br><sup>d</sup> 0,3 mm für Radsatzwellen der Kategorie 1. |                                                  |                                                |                  |

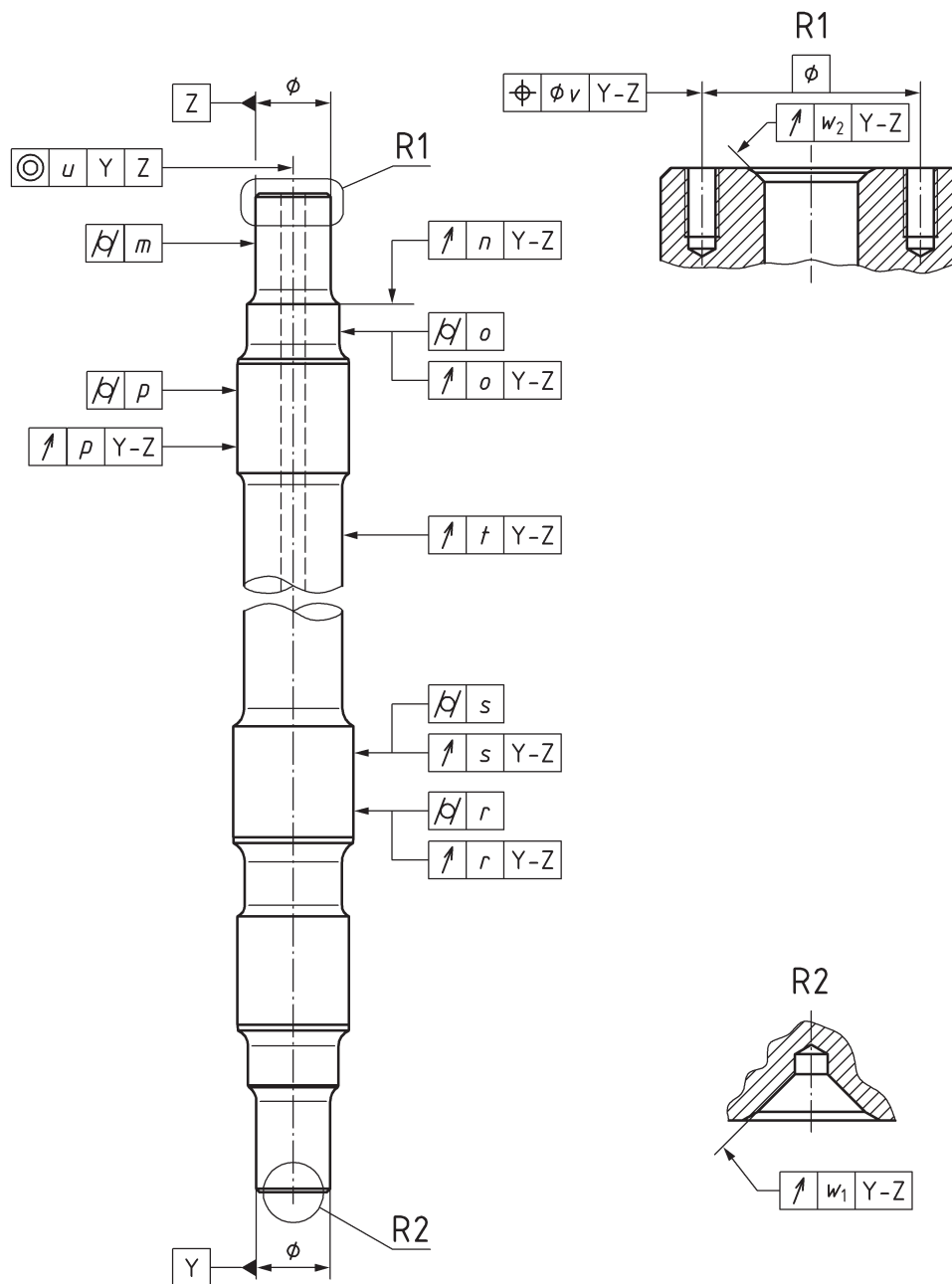
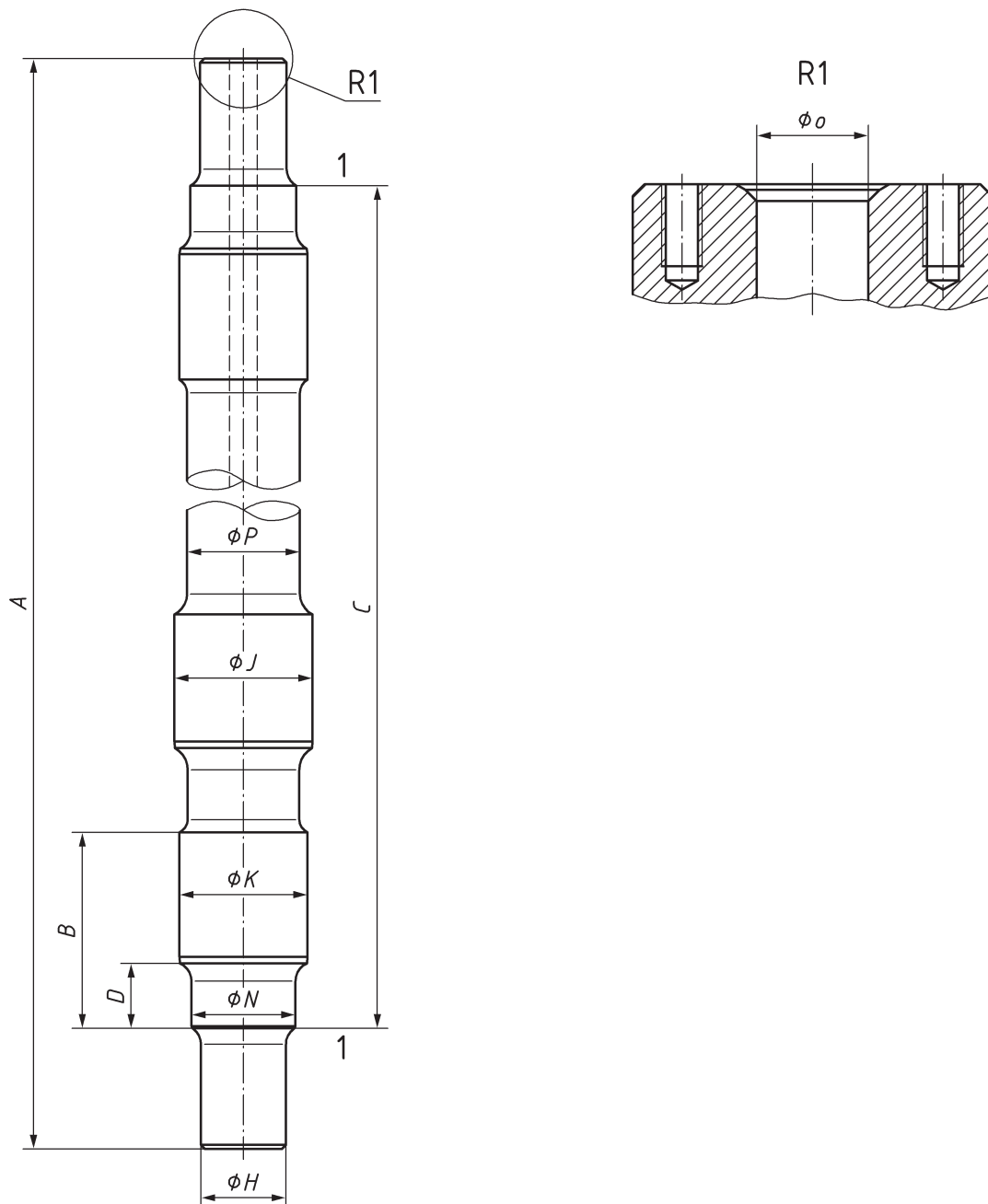


**Bild 8 — Symbole für Form-und Lagetoleranzen**

**Tabelle 10 — Maßtoleranzen**

| Bezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Symbol<br>(siehe Bild 9) | Maßtoleranzen <sup>a</sup><br>(mm)  |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                          | Grobe<br>maschinelle<br>Bearbeitung | Montage-<br>bereit |
| Längenmaße                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                          |                                     |                    |
| — Länge der Radsatzwelle <sup>b</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <i>A</i>                 | +2/0                                | ±1                 |
| — Länge des Radsatzes (einschließlich<br>Dichtringsitz)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <i>B</i>                 | +2/0                                | 0/-0,5             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>C</i>                 | +2/0                                | ±0,5 <sup>d</sup>  |
| — Abstand der Bezugsebenen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <i>D</i>                 | 0/-2                                | +1/0               |
| — Länge des Dichtringsitzes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          |                                     |                    |
| Durchmesser                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          |                                     |                    |
| — Durchmesser des Lagersitzes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <i>H</i>                 | +2/0                                | <sup>c</sup>       |
| — Durchmesser der Radsitze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <i>K</i>                 | +2/0                                | <sup>c</sup>       |
| — Durchmesser der Sitze von<br>Getrieberädern, von Bremsscheiben<br>von Abstandsringen, von Lagersitzen<br>für Motoraufhängung oder von<br>Walzenlagersitzen des Antriebs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <i>J</i>                 | +2/0                                | <sup>c</sup>       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>N</i>                 | +2/0                                | ±0,25              |
| — Durchmesser des Dichtringsitzes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <i>P</i>                 | +4/0                                | +2/0               |
| — Durchmesser des Wellenschafts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>O</i>                 | —                                   | ±1                 |
| — Durchmesser der Bohrung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                          |                                     |                    |
| <sup>a</sup> Für Parameter, zu denen keine Toleranz in dieser Tabelle festgelegt ist, müssen die allgemeinen Toleranzen nach EN 22768-1 angewendet werden.<br><sup>b</sup> Es wird darauf hingewiesen, dass die Einhaltung der Toleranzen über die gesamte Länge „A“ keine kumulative Anwendung aller einzelnen Toleranzen auf bestimmte Abmessungen erlaubt.<br><sup>c</sup> Entsprechend den Anforderungen der Zeichnung oder der technischen Spezifikation.<br><sup>d</sup> Weitere Geometrien können vorgeschlagen oder in der technischen Spezifikation festgelegt werden. |                          |                                     |                    |



## Legende

1 Bezugsflächen

Bild 9 — Symbole für Maßtoleranzen

## 4.9 Schutz gegen Korrosion und mechanische Beanspruchungen

### 4.9.1 Abschließender Schutzbeschichtung

#### 4.9.1.1 Allgemeines

Alle Radsatzwellen im Betrieb müssen in den Bereichen, in denen keine Komponenten montiert sind, gegen Korrosion geschützt werden.

Einige Radsatzwellen müssen gegen mechanische Beanspruchung (Stöße, Strahlmittel usw.) geschützt werden.

Entsprechend der Einsatzbedingungen der Radsatzwelle und der auf die Radsatzwelle angewendeten Instandhaltungsvorschriften werden vier Schutzklassen festgelegt:

- Klasse 1: Bereiche von Radsatzwellen, die Umgebungskorrosion und mechanischen Stößen ausgesetzt sind;
- Klasse 2: Bereiche von Radsatzwellen, die der Einwirkung bestimmter korrosiver Produkte ausgesetzt sind;
- Klasse 3: Bereiche von Radsatzwellen, die Umgebungskorrosion ausgesetzt sind;
- Klasse 4: Radsatzwellen, die Umgebungskorrosion ausgesetzt und nicht lackiert sind;
- verschiedene Klassen sind an derselben Radsatzwelle zugelassen.

Die Wahl zwischen diesen vier Klassen muss in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Die Schutzbeschichtungen für jede Klasse sind mindestens durch die folgenden in Tabelle 11 angegebenen Eigenschaften festgelegt. Andere Eigenschaften dürfen ebenfalls in der technischen Spezifikation entsprechend den besonderen Nutzungsbedingungen der Radsatzwellen gefordert werden.

Die in Tabelle 11 enthaltenen Prüfungen sind für die Beurteilung eines Beschichtungssystems durchzuführen.

Für die Beurteilung einer Radsatzwelle und für die Qualitätskontrolle in der Produktion müssen nur die Schichtdickenprüfung und die Prüfung der Haftung der Beschichtung durchgeführt werden.

Die Prüfungen müssen mehrere Tage nach der Anwendung der Beschichtung in Abhängigkeit von dem Lacksystem und den Empfehlungen des Lackherstellers durchgeführt werden. Sofern keine Informationen vorliegen kann eine Frist von 14 Tagen ab der Anwendung der Beschichtung angenommen werden.

Die Bohrungsoberfläche von Hohlwellen muss mit einem Produkt, dessen Eigenschaften in der technischen Spezifikation festgelegt sind, vor Korrosion geschützt werden.

**Tabelle 11 — Schutzbeschichtungen — Prüfanforderungen**

|                                                                          | <b>Klasse 1</b> | <b>Klasse 2</b> | <b>Klasse 3</b> | <b>Klasse 4</b> |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Beschichtungsdicke                                                       | X               | X               | X               | —               |
| Haftung der Beschichtung                                                 | X               | X               | X               | —               |
| Stoßbeständigkeit                                                        | X               | —               | —               | —               |
| Beständigkeit gegen Abrieb                                               | X               | X               | X               | —               |
| Beständigkeit gegen Salzsprühnebel                                       | X               | X               | X               | —               |
| Beständigkeit gegen bestimmte korrosive Produkte                         | —               | X               | —               | —               |
| Beständigkeit der Beschichtung gegen zyklische mechanische Beanspruchung | X               | X               | X               | —               |

Es sollte besonders auf die Umweltauswirkung des verwendeten Beschichtungssystems geachtet werden. Um Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (en: volatile organic compounds, VOC) zu reduzieren, werden wasserbasierte Lacke empfohlen.

Die Anforderungen an konventionelle Beschichtungssysteme (z. B. organische Systeme) sind in den folgenden Abschnitten festgelegt. Für andere Lösungen (z. B. anorganische Systeme) müssen die Anforderungen in der technischen Spezifikation festgelegt werden, die es ermöglichen vergleichbare Eigenschaften zu erreichen.

#### **4.9.1.2 Beschichtungsdicke**

##### **4.9.1.2.1 Nach der Beurteilung eines Beschichtungssystems zu dokumentierende Werte**

Die minimale und maximale Beschichtungsdicke für die Radsatzwelle muss auf der Grundlage der nach Tabelle 11 durchgeführten Prüfungen bestimmt und in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

##### **4.9.1.2.2 Für die Beurteilung eines Herstellers oder die Qualitätskontrolle zu erreichende Werte**

Die Werte der Beschichtungsdicke müssen den Festlegungen in der technischen Spezifikation entsprechen.

##### **4.9.1.2.3 Probe**

Als Probe muss die Radsatzwelle mit ihrer Beschichtung verwendet werden.

##### **4.9.1.2.4 Messverfahren**

Die Messung muss durch ein zerstörungsfreies Verfahren nach EN ISO 2808 erfolgen, sofern die Dicke der Beschichtung dies ermöglicht. Falls nicht, muss sie in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Verfahren 7C ist ein empfohlenes Verfahren für konventionelle Beschichtungssysteme.

#### **4.9.1.3 Haftung der Beschichtung**

##### **4.9.1.3.1 Allgemeines**

Die Haftung ist eine Eigenschaft aller zwischen der Beschichtung und der Oberfläche der Radsatzwelle angewendeten Haftungskräfte.

##### **4.9.1.3.2 Zu erreichende Eigenschaften**

Für eine Beschichtungsdicke von bis zu 250 µm muss die Haftung der Beschichtung der Gitterschnitt-Klassifizierung 1 nach EN ISO 2409:2020 entsprechen.

Für Beschichtungsdicken von mehr als 250 µm und bis zu 1 000 µm muss die Haftung der Beschichtung der X-Schnitt-Klassifizierung 1 nach EN ISO 16276-2 entsprechen.

**ANMERKUNG** Sofern nicht anders in der technischen Spezifikation festgelegt, sollte Klebeband mit einem Haftvermögen von 6 N je 25 mm Breite und 10 N je 25 mm Breite (bestimmt nach IEC 60454-2) verwendet werden. Das Klebeband sollte mindestens eine Breite von 50 mm haben. Transparentes Klebeband wird empfohlen.

Für eine Beschichtungsdicke von mehr als 1 000 µm müssen das zu verwendende Verfahren und der akzeptable Wert in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Der Abreißversuch der Klassifizierung B oder *n* (Kohäsionsbruch von mehr als 90 %) nach EN ISO 4624:2016, 8.5, ist ein akzeptables Verfahren. Ein Mindestwert von 4 MPa wird empfohlen.

Der Abreißversuch wird als zusätzliche Prüfung für alle Beschichtungsdicken in der Beurteilung der Beschichtung und der Beurteilung eines Herstellers einer beschichteten Radsatzwelle empfohlen.

##### **4.9.1.3.3 Probe**

Die Probe muss eine beschichtete Radsatzwelle oder ein beschichteter Radsatzwellenabschnitt sein, die/der für das fertige Produkt repräsentativ ist.

##### **4.9.1.3.4 Prüfverfahren**

Das Gitterschnittverfahren muss das in EN ISO 2409 empfohlene Verfahren sein.

Das X-Schnitt-Verfahren muss das in EN ISO 16276-2 empfohlene Verfahren sein.

Wenn der Abreißversuch gewählt wird, muss er nach EN ISO 4624 mit einem Stempel mit einem Durchmesser von 20 mm durchgeführt werden.

Falls erforderlich, kann die Form des Stempels an die Radsatzwellengeometrie angepasst werden.

#### **4.9.1.4 Stoßbeständigkeit**

##### **4.9.1.4.1 Allgemeines**

Diese Eigenschaft legt die Fähigkeit der Beschichtung fest, die Radsatzwelle vor Schäden durch Stöße aufgrund von Projektilen wie etwa Gleisschotter zu schützen. Diese Eigenschaft ist nur für die Klasse 1 anwendbar.

##### **4.9.1.4.2 Zu erreichende Eigenschaften**

Nach der in 4.9.1.4.4 festgelegten Prüfung darf kein Schaden an der Radsatzwellenoberfläche festgestellt werden.

##### **4.9.1.4.3 Probe**

Die Probe muss eine beschichtete Radsatzwelle oder ein beschichteter Radsatzwellenabschnitt sein, die/der für das fertige Produkt repräsentativ ist.

##### **4.9.1.4.4 Prüfverfahren**

Die Probe muss durch einen Stoß mit einer festgelegten Energie gegen die geschützte Oberfläche nach Anhang G geprüft werden.

#### **4.9.1.5 Beständigkeit gegen Abrieb**

##### **4.9.1.5.1 Allgemeines**

Diese Eigenschaft legt die Fähigkeit der Beschichtung fest, die Radsatzwelle vor Schäden durch wiederholtes Sandstrahlen oder Kugelstrahlen zu schützen.

##### **4.9.1.5.2 Zu erreichende Eigenschaften**

Nach der in 4.9.1.5.4 festgelegten Prüfung muss die Oberfläche der Beschichtung Folgendem entsprechen:

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

wie in Anhang H beschrieben.

##### **4.9.1.5.3 Probe**

Die Probe muss eine beschichtete Radsatzwelle oder ein beschichteter Radsatzwellenabschnitt sein, die/der für das fertige Produkt repräsentativ ist.

##### **4.9.1.5.4 Prüfverfahren**

Das Verfahren zur Prüfung der Beständigkeit gegen Abrieb ist in Anhang H enthalten.

#### 4.9.1.6 Beständigkeit gegen Salzsprühnebel

##### 4.9.1.6.1 Allgemeines

Diese Eigenschaft legt die Fähigkeit der Radsatzwellenoberfläche fest, durch künstlichen Salzsprühnebel beschleunigter Korrosion zu widerstehen, wenn sie durch ihre Beschichtung geschützt wird.

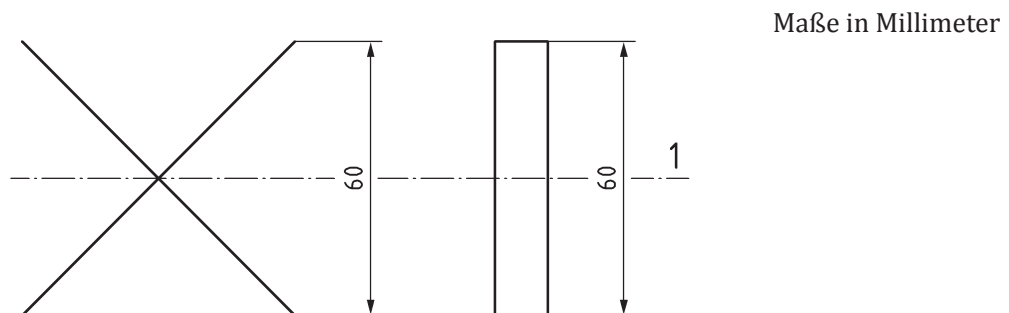
##### 4.9.1.6.2 Zu erreichende Eigenschaften

Nach der in 4.9.1.6.4 festgelegten Prüfung darf keine Korrosion unter der Beschichtung oder in einem Abstand von mehr als 2 mm (Mittelwert) von den Kratzlinien oder den Einschnitten in der Beschichtung festgestellt werden.

Die Länge des Einschnitts ist in sukzessive Abschnitte von 10 mm unterteilt. Die maximale Breite der Korrosion wird für jeden dieser Abschnitte notiert. Der Mittelwert dieser Messungen entspricht der Erhöhung der Korrosion.

##### 4.9.1.6.3 Probe

Die Probe muss aus einem mit der Beschichtung bedeckten Abschnitt bestehen, in dem kreuzförmige Einschnitte (für Beschichtungsdicken  $\leq 250 \mu\text{m}$ ) oder eine Öffnung (für Beschichtungsdicken  $> 250 \mu\text{m}$ ) vorgenommen wurden (siehe Bild 10).



#### Legende

1 Mitte der Kratzlinien/Einschnitte

**Bild 10 — Proben für Salzsprühnebeltest**

##### 4.9.1.6.4 Prüfverfahren

Das angewendete Prüfverfahren (1 oder 2) und die Prüfdauer müssen in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

#### Verfahren 1:

Die Beurteilung der Beständigkeit gegen Salzsprühnebel erfolgt entsprechend EN ISO 9227. Die verwendete Lösung ist die der NSS-Prüfung dieser Norm.

Eine Mindestprüfdauer von 480 h wird für Klasse 1 und 3 empfohlen. Für Klasse 2 wird eine längere Dauer empfohlen, wobei 1 000 h eine übliche Dauer ist.

#### Verfahren 2:

Die Beurteilung der Beständigkeit gegen Salzsprühnebel kann alternativ auch in Übereinstimmung mit der VDA-Prüfung nach EN ISO 11997-1:2017, in sechs Zyklen erfolgen.

#### **4.9.1.7 Beständigkeit gegen bestimmte korrosive Produkte**

##### **4.9.1.7.1 Allgemeines**

Diese Eigenschaft, die nur die Beschichtung der Klasse 2 betrifft, beurteilt ihre Beständigkeit gegen bestimmte korrosive Produkte, denen sie ausgesetzt sein kann (korrosive Umgebungen usw.).

##### **4.9.1.7.2 Zu erreichende Eigenschaften**

Nach der in 4.9.1.7.4 festgelegten Prüfung darf keine Veränderung der Beschichtung oder der Oberfläche festgestellt werden. Darüber hinaus muss die Konformität mit einer Haftprüfung nachgewiesen werden.

Die zu erreichenden Eigenschaften sind dieselben wie in 4.9.1.3.2.

##### **4.9.1.7.3 Probe**

Die Probe muss aus einem mit der zu bewertenden Beschichtung bedeckten Radsatzwellenabschnitt bestehen.

##### **4.9.1.7.4 Prüfverfahren**

Die Beständigkeit gegen bestimmte Chemikalien wird anhand einer Prüfung bestimmt, die wiederholtes Eintauchen und Auftauchen beinhaltet. Diese Prüfung wird in Anhang I (normativ) beschrieben. Dieser Prüfung muss die Haftprüfung nach EN ISO 2409 oder EN ISO 16276-2 oder EN ISO 4624 24 h nach dem Ende der Korrosionsprüfphase folgen.

#### **4.9.1.8 Beständigkeit der Beschichtung gegen mechanische Wechselbeanspruchung**

##### **4.9.1.8.1 Allgemeines**

Diese Eigenschaft, die die Fähigkeit der Beschichtung definiert, zyklischen mechanischen Beanspruchungen zu widerstehen, muss anhand von Proben geprüft werden. Diese müssen in Umlaufbiegung durch Erhöhung der Spannung bis zum Versagenspunkt der Beschichtung beansprucht werden. Der vor diesem Punkt erreichte Wert definiert die Beständigkeit der Beschichtung.

##### **4.9.1.8.2 Zu erreichende Eigenschaften**

Unter den in 4.9.1.8.4 festgelegten Prüfbedingungen:

- muss Grad 5 mit Beschichtungen der Klasse 1 und Klasse 3 erreicht werden;
- muss Grad 10 mit Beschichtungen der Klasse 2 erreicht werden.

##### **4.9.1.8.3 Probe**

Die Probe für die Drehbiegung (mit einem Durchmesser von 8,5 mm an seinem aktiven Teil) muss aus der Stahlsorte EA1N bestehen und mit der zu bewertenden Beschichtung geschützt sein.

Anhang B enthält ein Beispiel für eine Zeichnung der Probe.

##### **4.9.1.8.4 Prüfverfahren**

Das Prüfverfahren und die Bedingungen sind in Anhang J festgelegt.

#### **4.9.2 Provisorischer Schutz**

Vor der Montage müssen die Teile der Radsatzwelle, die für die Aufnahme anderer Komponenten vorbereitet wurden, mit einem vorläufigen Korrosions- und Schlagschutz entsprechend dem Lieferzustand in der technischen Spezifikation ausgestattet worden sein.

Die Eigenschaften des Schutzes müssen in der technischen Spezifikation in Übereinstimmung mit den Transport- und Lagerbedingungen (Handhabung, Umgebung usw.) festgelegt werden.

Dieser Schutz muss für mindestens 3 Monate unter üblichen Umgebungsbedingungen wirksam bleiben, sofern nicht anders in den technischen Spezifikationen festgelegt.

#### **4.10 Kennzeichnung**

Jede Radsatzwelle muss mindestens mit den folgenden aufgestempelten Markierungen gekennzeichnet sein:

- Herstellerkennzeichen;
- Schmelzennummer oder Losnummer, die auf die Schmelzennummer zurück verfolgbar ist;
- Stahlsorte;
- Monat und die letzten beiden Zahlen des Herstellungsjahres;
- Nummer der Radsatzwelle im Los nach der Wärmebehandlung.

Diese Markierungen dürfen sich nur an einem Ende der Radsatzwelle befinden und müssen auf eine Hälfte der Oberfläche an diesem Ende der Radsatzwelle beschränkt sein. Die andere Hälfte der Oberfläche muss für die Markierungen des Radsatzherstellers reserviert sein.

An dem anderen Ende der Radsatzwelle muss eine Hälfte der Oberfläche frei von jeglichen Markierungen sein. Diese muss den Markierungen des Betreibers vorbehalten sein.

Die Konfiguration dieser Kennzeichnung muss in den technischen Spezifikationen festgelegt sein. Alle durch das Stempeln entstandenen Grate müssen nachgebessert werden, um die Ultraschallprüfung im Betrieb zu ermöglichen.

Das Herstellerkennzeichen ist die eindeutige Referenz für die Qualität und die Eigenschaften der Komponente. Das Herstellerkennzeichen muss am Ende des Fertigungsschritts vor der Lieferung angebracht werden. Die maschinelle Endbearbeitung der Radsatz-Oberflächen gilt nicht als letzter Fertigungsschritt.

### **5 Alternativer Fertigungsprozess**

Alternative Fertigungsprozesse (z.B. Kaltverfestigen, Kugelstrahlen, thermisches Spritzen, Stahlreinheit, Schmiedeverformungsgrad, verbesserte Materialeigenschaften durch Schmelzen und Wärmebehandlung usw.) müssen entsprechend den in Anhang K beschriebenen Verfahren qualifiziert werden. Andere Eigenschaften müssen dokumentiert und dürfen angewendet werden.

### **6 Produktqualifizierung**

Die Produktqualifizierung muss die in Anhang K festgelegten Anforderungen erfüllen.

### **7 Lieferbedingungen**

Die Lieferbedingungen müssen die in Anhang L festgelegten Anforderungen erfüllen.

## Anhang A (informativ)

### Materialprobenahme aus der Verlängerung der Radsatzwelle

#### A.1 Allgemeines

Die Proben für die Produktfestlegung dürfen aus den Verlängerungen der Radsatzwelle entnommen werden, sofern in der technischen Spezifikation festgelegt.

#### A.2 Probenahmeverfahren

##### A.2.1 Verlängerung mit demselben Durchmesser wie der Durchmesser der Radsatzwelle

Die Verlängerung der Radsatzwelle sollte aus homogenem Material entsprechend der Radsatzwelle bestehen und eine Länge von mindestens 200 mm haben. Mindestens drei Verlängerungen der Radsatzwelle sollten je Lose hergestellt werden. In diesem Fall werden die Anforderungen in A.2 festgelegt.

##### A.2.2 Verlängerung mit einem größeren Durchmesser als der Durchmesser der Radsatzwelle

Eine weitere Alternative besteht darin, Proben aus zusätzlichen Prüfspitzen am Ende der Radsatzwelle mit einem Durchmesser des größten Abschnitts der Radsatzwelle und einer Mindestlänge von 400 mm zu entnehmen. In diesem Fall entsprechen die Anforderungen der Probenahme aus dem größten Abschnitt dem Abschnitt 4.

#### A.3 Zu erreichende Werte

Die aus der Verlängerung des Radsatzes entnommenen Proben sollten die Anforderungen nach 4.2.1, Anforderungen aus der Zugprüfung, und 4.2.2, Stoßprüfung, erfüllen und die folgenden Werte sollten erreicht werden:

- EA1N wie in Tabelle 2 und Tabelle 3 festgelegt;
- EA4T sind in Tabelle 2 und Tabelle 3 festgelegt, dabei beträgt das Durchmesser Verhältnis zwischen der Radsatzwelle und dem größten Sitz nach dem Schmieden mindestens 0,75;
- EA4T sind in Tabelle A.1 und Tabelle A.2 festgelegt, dabei beträgt das Durchmesser Verhältnis zwischen der Radsatzwelle und dem größten Sitz nach dem Schmieden nicht mehr als 0,75. Wenn diese höheren Werte in einer Probenahme von der Verlängerung der Radsatzwelle erreicht werden können, sollte die Probenahme an dem größten Radsatzwellenabschnitt erfolgen.

Für andere Stahlsorten sollten die zu erreichenden Werte in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

**Tabelle A.1 — Am mittleren Radius von Vollwellen oder am mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen von Hohlwellen zu erreichende Werte**

| Sorte                                                                                                                         | $R_{eH}^a$<br>MPa | $R_m$<br>MPa | $A_5$<br>% |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------|------------|
| EA4T                                                                                                                          | ≥ 500             | 700 bis 800  | ≥ 18       |
| <sup>a</sup> Wenn keine charakteristische Streckgrenze vorhanden ist, sollte die Nachweisspannung $R_{p0,2}$ bestimmt werden. |                   |              |            |

**Tabelle A.2 — Am mittleren Radius von Vollwellen oder am mittleren Abstand zwischen Außen- und Innenflächen von Hohlwellen zu erreichende Werte**

| Sorte | <i>KU</i> in Längsrichtung (J) | <i>KU</i> in Querrichtung (J) |
|-------|--------------------------------|-------------------------------|
| EA4T  | $\geq 70$                      | $\geq 45$                     |

## Anhang B (informativ)

### Zeichnungen von Prüfstücken

Maße in Millimeter

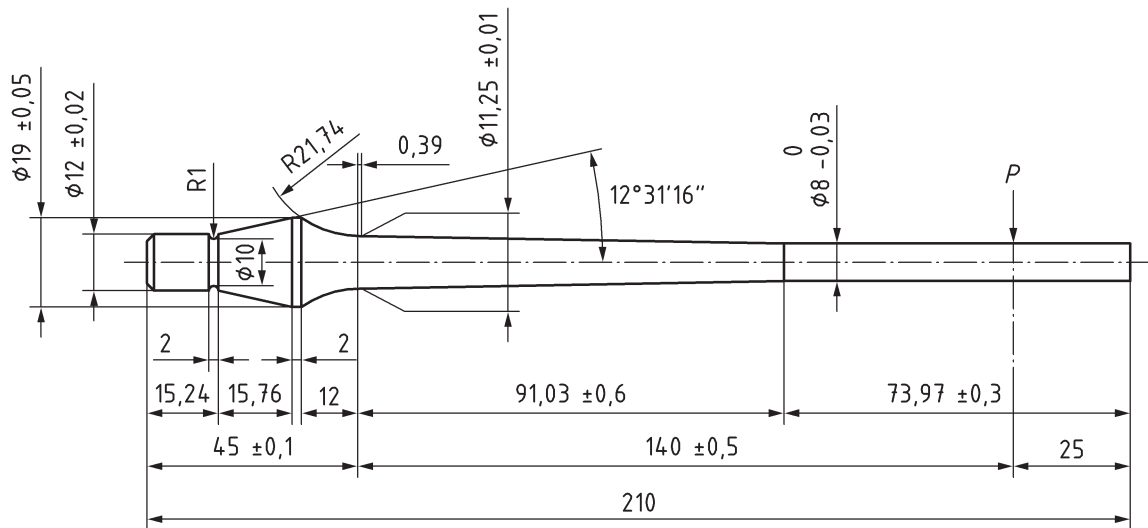
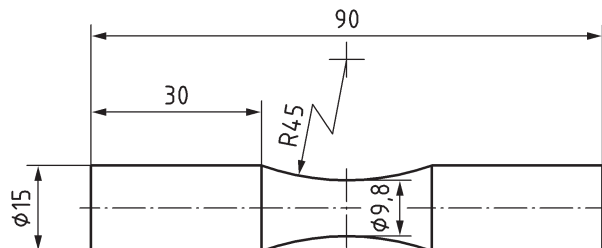
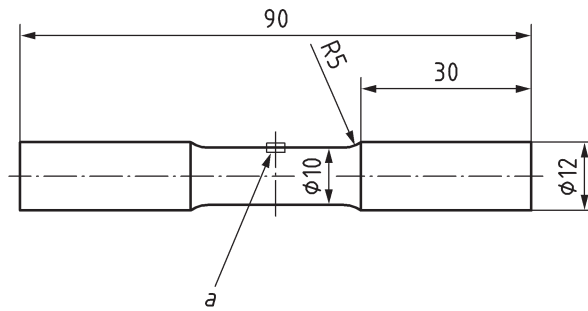


Bild B.1 — Kleinprobenprüfstück für die Bestimmung des Dauerfestigkeitsgrenzwerts von Stahl  
(Beispiel 1)

Maße in Millimeter



a) glatte Probe



**b) gekerbte Probe**

### Legende

a Kerbe nach Bild 3a)

**Bild B.2 — Kleinprobenprüfstück für die Bestimmung des Dauerfestigkeitsgrenzwerts von Stahl (Beispiel 2)**

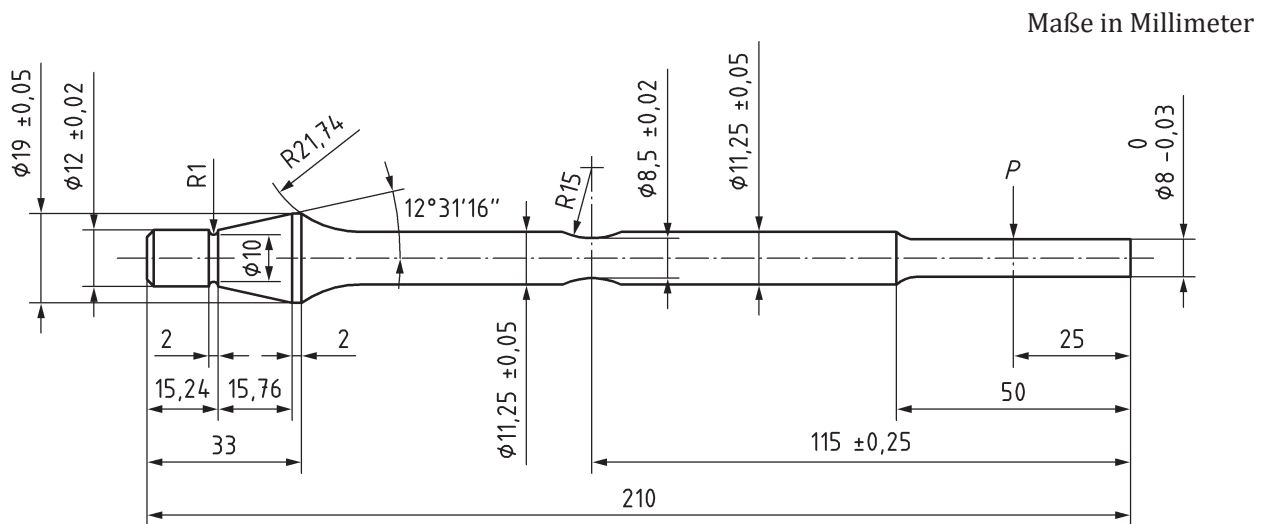


**Bild B.3 — Kleinprobenprüfstück zur Bestimmung der Beständigkeit der Beschichtung unter mechanischer Wechselbeanspruchung**