

R RTE 41000

Instandhaltung Radsätze

Normalspur

Entwurf vom 03.08.2026
für die einzige
Vernehmlassung

RTE – Regelwerk Technik Eisenbahn

Entwurf einzige Vernehmlassung vom 3.8.2026 mit Differenzen zur 1. Ausgabe

Entwurf

Herausgeber VöV	Ausgabedatum xx.xx.20xx	Zuordnung –
Erarbeitet durch Projektgruppe RTE	Freigabe PL RTE	Ersatz für R RTE 41000 vom 01.09.2015
Verteiler Eisenbahnunternehmen des VöV (Normalspur) Bundesamt für Verkehr BAV RTE-Webshop/RTE-Download (rte.voev.ch)	Inkrafttreten Das Inkrafttreten dieser Regelung legt jedes Eisenbahnunternehmen für sich selbst fest.	Sprachfassungen d, f Anzahl Seiten xx

Instandhaltung Radsätze

Normalspur



Anwendungsbedingungen für das Regelwerk Technik der schweizerischen Eisenbahnen (RTE)

Bei der Anwendung der Dokumente ist zu beachten, dass sie ausschliesslich für die Bedürfnisse der Schweizer Eisenbahnen und Unternehmen im Bereich öV verfasst und für diesen Gebrauch bestimmt sind. Eine korrekte Anwendung setzt somit eine entsprechende Ausbildung und Praxis voraus. Das Regelwerk RTE beschränkt sich auf zwei Arten von Dokumenten:

- Die R-Regelungen sind Ergänzungen bzw. Lösungsvorschläge zu hoheitlichen Erlassen und Normen mit Regelungs- bzw. Weisungscharakter.
- Die D-Regelungen umfassen Handbücher und Dokumentationen als Empfehlungen und Hilfsmittel zur Arbeitsunterstützung oder bilden in Ausnahmefällen den Stand der Technik und die gelebte Praxis im Hinblick auf eine Standardisierung ab.

Die im Dokument in männlicher Form enthaltenen Formulierungen gelten in gleichem Mass für jegliches Geschlecht.

Der Verband öffentlicher Verkehr (VöV) sowie die an der Erstellung dieser Regelung des Regelwerks Technik Eisenbahn (RTE) beteiligten Personen haften nicht für Schäden, die durch die Verwendung von Informationen aus dieser Regelung entstehen können. Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für die Vollständigkeit oder Richtigkeit.

Projektgruppe RTE**Leitung**

Wolfgang Kling, BLS AG, Spiez

Mitglieder

Dominik Oliver Gürtler, Schweizerische Bundesbahnen SBB, Bern
Ralf Willkommen, Schweizerische Südostbahn SOB, Herisau

Traduction (nur bei Franz & Ital.)

Name, Ort

Lektorat

Martin Strobel, Verband öffentlicher Verkehr (VöV), Bern

Herausgeber

VöV Verband öffentlicher Verkehr
System Bahn
Dählhölzliweg 12, CH-3005 Bern
www.voev.ch, RTE@voev.ch

Druck

Gebundene Ausgabe: Peter Gaffuri AG, Bern

RTE-Webshop/RTE-Download

rte.voev.ch

ISBN xx

© Verband öffentlicher Verkehr, Bern, Monat 20xx

Entwurf einzige Vernehmlassung vom 3.8.2026 mit Differenzen zur 1. Ausgabe

Änderungsgeschichte

Ausgabedatum	Änderungen
01.09.2015	1. Ausgabe
xx.xx.20xx	2. Ausgabe

Entwurf

Vorwort

Die R RTE 41000 ist eine Zusammenfassung des zur Instandhaltung von Radsätzen notwendigen Basiswissens, einerseits für die präventive Instandhaltung im eingebauten Zustand und andererseits für die vollumfängliche Aufarbeitung. Dies beinhaltet die korrekte Bezeichnung der einzelnen Bauteile und Baugruppen sowie der Funktionsmasse, die relevanten Grenzwerte gemäss gängiger Normen und Hinweise zur zerstörungsfreien Prüfung.

Im Weiteren werden die Grundprinzipien der gesamten Instandhaltung und die gängigen Instandhaltungsstufen sowie deren Inhalte beschrieben.

Farbbeschichtung und Kennzeichnung von Radsätzen werden ebenso erörtert wie die korrekte Lagerung und der Transport. Ein weiteres Kapitel ist der Messtechnik zur Beurteilung von Messgrössen am Radsatz gewidmet. Daneben sind Besonderheiten in der Radsatzinstandhaltung gemäss Erfahrungen von Schweizer Bahnen beschrieben, die sonst in keinem Regelwerk zu finden sind.

Die R RTE 41000 stellt nicht nur ein Regelwerk auf Zahlenbasis dar sondern versucht, tiefer gehendes Wissen zu vermitteln und dient damit als wertvolles Nachschlagewerk auch für Personen, die sich nicht mehrheitlich mit Radsätzen befassen sondern nur über einzelne Teilbereiche Informationen wünschen. Der Schreibstil ist bewusst nicht wissenschaftlich ausgerichtet sondern soll eine leichte Lektüre für alle Anwender sein und dazu verleiten, bei sich bietender Gelegenheit etwas nachzulesen.

Bei Anwendung der R RTE 41000 ist es möglich, Radsätze diverser Bauarten gemäss den gültigen Regeln der Technik korrekt instand zu halten. Alle Angaben, insbesondere Grenzwerte und weitere technische Vorgaben harmonisieren mit den diversen gültigen Normen und hoheitlichen Vorgaben.

Bern, xx. Monat 20xx

1	Allgemeines	11
1.1	Ziel der Regelung	11
1.2	Anwendung	11
2	Grundlagen	12
2.1	Hoheitliche Regelungen	12
2.2	Normen	12
2.3	RTE und Regelungen der Bahnen	15
2.4	Richtlinien und Merkblätter	16
2.5	Weitere, eingeschränkt verwendete Grundlagen	17
3	Abkürzungen, Begriffe und Definitionen	18
3.1	Abkürzungen	18
3.2	Begriffe	19
3.3	Definitionen	20
3.3.1	Halter	20
3.3.2	Werkstattarten	20
3.3.3	Unterscheidung Güterwagen – Dienstwagen	20
4	Grundsätze	21
5	Instandhaltung generell	22
5.1	Definition der Instandhaltung	22
5.2	Gründe für die Instandhaltung	23
5.2.1	Sicherheit	23
5.2.2	Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit	23
5.2.3	Wirtschaftlichkeit	24
5.3	Zielsetzung der Instandhaltung	24
5.4	Instandhaltungsfunktionen	25
5.4.1	Anforderungen an die Instandhaltung	25
5.4.2	Instandhaltungsregelwerk	26
5.4.3	Instandhaltungs-Planung und -Auswertung	26
5.4.4	Instandhaltungs-Durchführung	27
6	Definition – Radsätze Normalspur	28
6.1	Radsatzkomponenten	28
6.1.1	Radsatz	28
6.2	Radsatz-Komponententypen	29
6.2.1	Radsatzwelle	30
6.2.2	Rad	31
6.2.3	Radsatzlagerung / Radsatzlager	35
6.2.4	Komponenten zu Bremssystem	37
6.2.5	Komponenten zu Antriebseinheit	38
6.2.6	Komponenten zur Erdung	40
6.3	Terminologie und Bezeichnungen	41
6.3.1	Benennungen am Radsatz	41
6.3.2	Geometrische Kennwerte des Radsatzes	42
6.4	Beschaffung von neuen Komponenten	44
6.4.1	Komplette Radsätze	44
6.4.2	Vollräder, Felgen und Radreifen	45

6.4.3	Antriebsbauteile	45
6.4.4	Verantwortlichkeiten bei Prüfungen	45
6.5	Radprofile	47
6.5.1	Radprofiltypen	48
6.5.2	Radprofil Formabweichung	49
6.5.3	Oberflächengüten am Radkranz	50
6.5.4	Grenzmassrille	51
6.6	Beurteilungskriterien	52
6.6.1	Beurteilungskriterien Radprofil	54
6.6.2	Beurteilungskriterien Radsatz generell	66
7	Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP)	114
7.1	Methoden der zerstörungsfreien Prüfung	114
7.1.1	Kapillarverfahren	114
7.1.2	Magnetische und induktive Verfahren	115
7.1.3	Schallverfahren	116
7.1.4	Strahlenverfahren	117
7.1.5	Angewendete Prüfverfahren an Radsätzen	117
7.1.6	Anforderungen an das Prüfpersonal	117
7.2	Prüfintervalle für ZfP	118
7.3	Vorgehen und Tätigkeiten	119
7.4	UT-Prüfung	120
7.5	MT-Prüfung	126
7.6	ET-Prüfung	126
8	Planung und Intervall der Instandhaltung	127
8.1	Systematik der Instandhaltungsintervalle	127
8.2	Instandhaltungsintervalle von Reisezugwagen und Triebfahrzeugradsätzen	128
8.2.1	Kontrollstufen (Inspektion)	128
8.2.2	Revisionsstufen (Instandsetzung)	129
8.3	Instandhaltungsintervalle für Güter- und Dienstwagen	130
8.3.1	Intervalle für Güterwagenradsätze im internationalen Betrieb	131
8.3.2	Intervalle für Güter- und Dienstwagenradsätze im nationalen Betrieb	132
8.3.3	Unterschied der Intervalle im internationalen und nationalen Betrieb	133
8.3.4	Instandhaltungsstufe IS 0 (Inspektion)	133
8.3.5	Instandhaltungsstufe IS 1	134
8.3.6	Instandhaltungsstufe IS 2	134
8.3.7	Instandhaltungsstufe IS 3	134
8.3.8	Instandhaltungsstufe IL	135
8.4	Verschleisskennwerte an Radsätzen	135
8.4.1	Verschleisskennwerte des Raddurchmessers	135
8.4.2	Verschleisskennwerte am Radprofil	138
9	Instandhaltung – Radsätze Lokomotiven und Personenfahrzeuge ...	139
9.1	Anforderungen an Instandhaltungsbetriebe	139
9.2	Leichte Instandhaltung Kontrollstufen K1 – K4 und R0	139
9.2.1	Kontrollen (K1 – K4) der Radsätze	139
9.2.2	Zulässige Ausbesserungsarbeiten am Radsatz	140
9.2.3	Reprofilierung auf UFD (Unterflurdrehbank, R0 Radsatz eingebaut)	142
9.2.4	Kontrolle nach besonderen Ereignissen	142

9.3	Schwere Instandhaltung Revisionsstufen R0 – R4	143
9.3.1	Haupttätigkeiten bei der Aufarbeitung R0 – R4	143
9.3.2	Aufnahme der Radsatzgeometrie IST Zustand bei IH Eingang	143
9.3.3	Demontage Achslagerung	143
9.3.4	Demontage Radsatzkomponenten	143
9.3.5	Aufarbeitung Radsatzwelle	144
9.3.6	Reparaturen an Radsatzwelle und Radscheibe	144
9.3.7	Reprofilierung auf Portaldrehmaschine (R0 Radsatz ausgebaut)	144
9.3.8	Aufpressen von Komponenten auf die Radsatzwelle	145
9.3.9	Neubereifung	145
9.3.10	Auswuchten Laufradsatz	147
9.3.11	Nachdrehen der Bremsscheiben	147
9.3.12	Schallabsorber	148
9.3.13	Revision Radsatzlager (Pendelrollenlager etc.)	148
9.3.14	Revision Kartuschenlager	148
9.3.15	Montage Radsatzlager	148
9.3.16	Lackierung Radsatz	148
10	Instandhaltung – Radsätze Güterwagen und Dienstwagen	149
10.1	Mindestanforderungen an Instandhaltungsbetriebe	149
10.1.1	Mitarbeiter	149
10.1.2	Mess- und Betriebsmittel	149
10.1.3	Dokumentenverwaltung	150
10.2	Instandhaltungsstufe IS 0	150
10.3	Instandhaltungsstufe IS 1	151
10.4	Instandhaltungsstufe IS 2	152
10.5	Instandhaltungsstufe IS 3	152
10.5.1	Demontage der Radscheiben	152
10.5.2	Montage der Radscheiben	153
10.6	Kennzeichnung	154
10.7	Dokumentation der Aufarbeitung	155
11	Dokumentation / Datenpflege	156
11.1	Zeitraumen der Datenerfassung	156
11.2	Kategorie der Datensicherungsfrist	157
12	Reinigung, Schmierung und Korrosionsschutz	162
12.1	Reinigung	162
12.1.1	Reinigungsmethoden	162
12.1.2	Reinigungsstandards	164
12.2	Schmierung	164
12.2.1	Radsatzlager	164
12.2.2	Getriebe und Antriebskomponenten	168
12.3	Korrosionsschutz	168
12.3.1	Korrosionsschutz der Radsatzwelle	169
12.3.2	Korrosionsschutz der Räder	170
12.3.3	Radsatzlagergehäuse	171
12.3.4	Korrosionsschutz am kompletten Radsatz	172
12.3.5	Untergrundvorbereitung	172
12.3.6	Beschichtungstypen	173

12.3.7	Ausbessern von Farbschäden an Radsätzen	175
13	Transport und Lagerung von Radsätzen und Bauteilen.....	177
13.1	Lagerung.....	177
13.1.1	Lagerung von Radsatzwellen	177
13.1.2	Lagerung von (Wagen)radsätzen	178
13.1.3	Lagerung von Radscheiben.....	179
13.2	Transport von Radsätzen	180
13.2.1	Wichtige Hinweise	180
13.2.2	Kontrollen	181
13.2.3	Transporteinrichtungen für Radsätze (mit Transportgeräten).....	182
13.2.4	Hebeeinrichtungen für Radsätze (mit Kranen).....	183
13.2.5	Transporteinrichtungen auf Fahrzeugen	184
13.3	Zwischenlagerung von Radsätzen.....	186
13.4	Transporteinrichtungen für Radsatzkomponenten	187
13.4.1	Transport und Zwischenlagerung von Radsatzwellen:.....	187
13.4.2	Transport und Zwischenlagerung von Radscheiben:	187
14	Radprofil-Radsatz-Messmittel / Messmethoden	188
14.1	Messen von geometrischen und physikalischen Messgrößen am Radsatz	188
14.1.1	Die Messunsicherheit	189
14.1.2	Bezugssysteme	192
14.1.3	Messmittelmanagement und Kalibrierung	193
14.2	Messwerterfassung am Radprofil	193
14.2.1	Spurkranzdicke S_d	194
14.2.2	Spurkranzhöhe S_h	194
14.2.3	Flankensteilheit q_R	194
14.2.4	Radkranzbreite B_R	195
14.2.5	Auswalzung a	195
14.2.6	Hohllauf h	196
14.2.7	Gesamtes Radprofil.....	196
14.3	Messwerterfassung am Radsatz	198
14.3.1	Radrückenabstand A_R	198
14.3.2	Spurmass S_R	199
14.3.3	Raddurchmesser D	199
14.3.4	Radreifendicke b bei Rädern mit Radreifen	203
14.3.5	Hohllauf und Restdicke bei Bremsscheiben	204
14.3.6	Rundlauf H	205
14.3.7	Planlauf G	207
14.3.8	Unwucht U	208
14.3.9	Elektrischer Widerstand R	210
14.3.10	Gewicht m	211
14.4	Messgeräte und Einrichtungen für Messungen am Radsatz	211
14.4.1	Kombinierte elektronische Messung	211
14.4.2	Kombinierte mechanische Messung	214
14.4.3	Messung einzelner Masse und Größen	215
15	Besonderheiten der Radsatzinstandhaltung	224
15.1	Aufpresskräfte und Arbeitsweise bei der Montage von Vollrädern und Radnaben	224
15.1.1	Aufpressen von Radkörpern und Vollrädern im kalten Zustand	225

15.1.2	Qualitätsprüfung der kalt montierten Radkörper und Vollräder	228
15.1.3	Nacharbeit der Radnabensitze an Radsatzwellen	232
15.2	Eigenspannung am Radkranz von Vollrädern	235
15.2.1	Auswirkung der thermischen Belastung auf Vollräder	235
15.2.2	Behandlung thermisch geschädigter Vollräder in der schweren Instandhaltung und Grenzwerte für die Eigenspannungsmessung	237
15.3	Wuchtungsgerechte Paarung von Vollrädern und Wellenbremsscheiben	238
15.3.1	Paarung von Radsätzen mit Vollrädern	238
15.3.2	Paarung von Radsätzen mit Vollrädern und 2 oder 3 Wellenbremsscheiben ...	239
16	Literatur	241
16.1	Literaturquellen	241
16.2	Weiterführende Literatur	241
16.3	Bildnachweis	242

Anhang A1 – A3 (Allgemein).....245

A1 – Zeichnungen von Radprofilen.....245

A1.1	Radprofil SBB 28-2	246
A1.2	Radprofil SBB 28-2 Reduktion I	247
A1.3	Radprofil SBB 28-2 Reduktion II	248
A1.4	Radprofil SBB 28-2 Reduktion III	249
A1.5	Radprofil SBB 28-2 Reduktion IV	250
A1.6	Radprofil SBB 28-3	251
A1.7	Radprofil SBB 30-2	252
A1.8	Radprofil SBB 30-3	253
A1.9	Radprofil SBB 32-3	254
A1.10	Radprofil VSG RN02.058	255
A1.11	Radprofil SLM 46003	256
A1.12	Radprofil DB 60°/4020	257
A1.13	Radprofil Matisa MR 10443.0	258
A1.14	Radprofil Plasser UD00.1035	259

A2 – Zeichnungen von mechanischen Messgeräten.....260

A2.1	Spurkranzmesslehre	261
A2.2	q_R -Mass-Lehre	263
A2.3	Hohllauflehre	264
A2.4	Lehre Radkranzbreite	265

A3 – Ursachenkatalog Profildrehen.....266

1	1	Allgemeines	17
1.1	Ziel der Regelung		17
1.2	Anwendung		17
1.2.1	Anwendungsbereich		17
1.2.2	Ausnahmen		17
2	Grundlagen		18
2.1	Hoheitliche Regelungen		18
2.2	Normen		19
2.3	RTE- und Regelungen der Bahnen		21
2.4	Richtlinien und Merkblätter		22
2.5	Weitere, eingeschränkt verwendete Grundlagen		23
3	Abkürzungen, Begriffe und Definitionen		25
3.1	Abkürzungen		25
3.2	Begriffe		26
3.3	Definitionen		28
3.3.1	Halter		28
3.3.2	Werkstattarten		28
3.3.3	Unterscheidung Güterwagen – Dienstwagen		28
4	Grundsätze		29
4.1	Bewertung bei der Auslegung - Besonderen Schweizer Verhältnisse		30
5	Instandhaltung generell		31
5.1	Definition der Instandhaltung		31
5.2	Gründe für die Instandhaltung		34
5.2.1	Sicherheit		34
5.2.2	Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit		34
5.2.3	Wirtschaftlichkeit		36
5.3	Zielsetzung der Instandhaltung		36
5.4	Instandhaltungsfunktionen		37
5.4.1	Anforderungen an die Instandhaltung		37
5.4.2	Instandhaltungsregelwerk		38
5.4.3	Instandhaltungs-Planung und -Auswertung		39
5.4.4	Instandhaltungs-Durchführung		41
6	Definition – Radsätze Normalspur		42
6.1	Radsatzkomponenten		42
6.1.1	Radsatz		42
6.2	Radsatz-Komponententypen		43
6.2.1	Radsatzwelle		44
6.2.2	Rad		48
6.2.3	Radsatzlagerung/Radsatzlager		58
6.2.4	Komponenten zu Bremssystem		64
6.2.5	Komponenten zu Antriebseinheit		67
6.2.6	Komponenten zur Erdung		72
6.3	Terminologie und Bezeichnungen		74
6.3.1	Benennungen am Radsatz		74

6.3.2	Geometrische Kennwerte des Radsatzes	78
6.4	Beschaffung von neuen Komponenten	80
6.4.1	Komplette Radsätze	80
6.4.2	Vollräder, Felgen und Radreifen	80
6.4.3	Radsatzwelle	80
6.4.4	Antriebsbauteile	81
6.4.5	Verantwortlichkeiten bei Prüfungen	81
6.5	Radprofile	84
6.5.1	Radprofiltypen	86
6.5.2	Radprofil-Formabweichung	87
6.5.3	Oberflächengüten am Radkranz	88
6.5.4	Grenzmassrille	89
6.6	Beurteilungskriterien	91
6.6.1	Beurteilungskriterien Radprofil	93
6.6.2	Beurteilungskriterien Radsatz generell	110
7	Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP)	185
7.1	Methoden der zerstörungsfreien Prüfung	185
7.1.1	Kapillarverfahren	185
7.1.2	Magnetische und induktive Verfahren	187
7.1.3	Schallverfahren	189
7.1.4	Strahlenverfahren	192
7.1.5	Angewendete Prüfverfahren an Radsätzen	192
7.1.6	Anforderungen an das Prüfpersonal	192
7.2	Prüfintervalle für ZfP	194
7.3	Vorgehen und Tätigkeiten	196
7.4	UT-Prüfung	197
7.5	MT-Prüfung	208
7.6	ET-Prüfung	208
8	Planung und Intervall der Instandhaltung	209
8.1	Systematik der Instandhaltungsintervalle	209
8.2	Instandhaltungsintervalle von Reisezugwagen- und Triebfahrzeugradsätzen	210
8.2.1	Kontrollstufen (Inspektion)	210
8.2.2	Revisionsstufen (Instandsetzung)	212
8.3	Instandhaltungsintervalle für Güter- und Dienstwagen	213
8.3.1	Intervalle für Güterwagenradsätze im internationalen Betrieb	215
8.3.2	Intervalle für Güter- und Dienstwagenradsätze im nationalen Betrieb	216
8.3.3	Unterschied der Intervalle im internationalen und nationalen Betrieb	218
8.3.4	Instandhaltungsstufe IS 0 (Inspektion)	218
8.3.5	Instandhaltungsstufe IS 1	220
8.3.6	Instandhaltungsstufe IS 2	220
8.3.7	Instandhaltungsstufe IS 3	220
8.3.8	Instandhaltungsstufe IL	221
8.4	Verschleisskennwerte an Radsätzen	222
8.4.1	Verschleisskennwerte des Raddurchmessers	222
8.4.2	Verschleisskennwerte am Radprofil	227
9	Instandhaltung – Radsätze Lokomotiven und Personenfahrzeuge	228
9.1	Anforderungen an Instandhaltungsbetriebe	228

9.2	Leichte Instandhaltung Kontrollstufen K1 – K4 und R0	228
9.2.1	Kontrollen (K1 – K4) der Radsätze	228
9.2.2	Zulässige Ausbesserungsarbeiten am Radsatz	229
9.2.3	Reprofilierung auf UFD (Unterflurdrehbank, R0 Radsatz eingebaut)	232
9.2.4	Kontrolle nach besonderen Ereignissen	232
9.3	Schwere Instandhaltung Revisionsstufen R0 – R4	234
9.3.1	Haupttätigkeiten bei der Aufarbeitung R0 – R4	234
9.3.2	Aufnahme der Radsatzgeometrie IST-Zustand bei IH-Eingang	234
9.3.3	Demontage Achslagerung	234
9.3.4	Demontage Radsatzkomponenten	234
9.3.5	Aufarbeitung Radsatzwelle	235
9.3.6	Reparaturen an Radsatzwelle und Radscheibe	235
9.3.7	Reprofilierung auf Portaldrehmaschine (R0 Radsatz ausgebaut).....	235
9.3.8	Aufpressen von Komponenten auf die Radsatzwelle	236
9.3.9	Neubereifung.....	236
9.3.10	Auswuchten Laufradsatz	238
9.3.11	Nachdrehen der Bremsscheiben	238
9.3.12	Schallabsorber	239
9.3.13	Revision Radsatzlager (Pendelrollenlager, etc.)	240
9.3.14	Revision Kartuschenlager	240
9.3.15	Montage Radsatzlager	240
9.3.16	Lackierung Radsatz.....	240
10	Instandhaltung – Radsätze Güterwagen und Dienstwagen	241
10.1	Mindestanforderungen an Instandhaltungsbetriebe	241
10.1.1	Mitarbeiter	241
10.1.2	Mess- und Betriebsmittel	241
10.1.3	Dokumentenverwaltung	242
10.2	Instandhaltungsstufe IS 0	242
10.3	Instandhaltungsstufe IS 1	243
10.4	Instandhaltungsstufe IS 2	244
10.5	Instandhaltungsstufe IS 3	244
10.5.1	Demontage der Radscheiben	244
10.5.2	Montage der Radscheiben.....	245
10.6	Kennzeichnung	247
10.7	Dokumentation der Aufarbeitung	249
11	Dokumentation/Datenpflege	250
11.1	Kategorie der Datensicherungsfrist	251
12	Reinigung, Schmierung und Korrosionsschutz	263
12.1	Reinigung	263
12.1.1	Reinigungsmethoden.....	263
12.1.2	Reinigungsstandards.....	266
12.2	Schmierung	266
12.2.1	Radsatzlager	266
12.2.2	Getriebe und Antriebskomponenten	270
12.3	Korrosionsschutz für den Betriebseinsatz.....	270
12.3.1	Korrosionsschutz der Radsatzwelle	271
12.3.2	Korrosionsschutz der Räder	274

12.3.3	Radsatzlagergehäuse.....	275
12.3.4	Korrosionsschutz am kompletten Radsatz.....	276
12.3.5	Untergrundvorbereitung.....	276
12.3.6	Beschichtungstypen.....	277
12.3.7	Ausbessern von Farbschäden an Radsätzen.....	279
12.4	Temporärer Korrosionsschutz bei der Lagerung.....	281
12.4.1	Kurzfristiger Korrosionsschutz.....	281
12.4.2	Längerfristiger Korrosionsschutz.....	281
13	Transport und Lagerung von Radsätzen und Bauteilen.....	283
13.1	Lagerung.....	283
13.1.1	Lagerung von Radsatzwellen.....	283
13.1.2	Lagerung von (Wagen)radsätzen.....	284
13.1.3	Lagerung von Radscheiben.....	285
13.2	Transport von Radsätzen.....	287
13.2.1	Wichtige Hinweise.....	287
13.2.2	Kontrollen.....	288
13.2.3	Transporteinrichtungen für Radsätze (mit Transportgeräten).....	289
13.2.4	Hebeeinrichtungen für Radsätze (mit Kranen).....	291
13.2.5	Transporteinrichtungen auf Fahrzeugen.....	293
13.3	Zwischenlagerung von Radsätzen.....	296
13.4	Transporteinrichtungen für Radsatzkomponenten.....	297
13.4.1	Transport und Zwischenlagerung von Radsatzwellen.....	297
13.4.2	Transport und Zwischenlagerung von Radscheiben.....	297
14	Radprofil-Radsatz-Messmittel / Messmethoden.....	298
14.1	Messen von geometrischen und physikalischen Messgrößen am Radsatz.....	298
14.1.1	Die Messunsicherheit.....	299
14.1.2	Bezugssysteme.....	301
14.1.3	Messmittelmanagement und Kalibrierung.....	302
14.2	Messwerterfassung am Radprofil.....	302
14.2.1	Spurkranzdicke S_d	303
14.2.2	Spurkranzhöhe Sh	303
14.2.3	Flankensteilheit q_R	303
14.2.4	Radkranzbreite B_R	304
14.2.5	Auswalzung a	305
14.2.6	Hohllauf h	306
14.2.7	Gesamtes Radprofil.....	306
14.3	Messwerterfassung am Radsatz.....	309
14.3.1	Radrückenabstand A_R	309
14.3.2	Spurmass S_R	310
14.3.3	Raddurchmesser D	310
14.3.4	Radreifendicke b bei Rädern mit Radreifen.....	314
14.3.5	Hohllauf und Restdicke bei Bremsscheiben.....	315
14.3.6	Rundlauf H	317
14.3.7	Planlauf G	319
14.3.8	Unwucht U	319
14.3.9	Elektrischer Widerstand R	322
14.3.10	Gewicht m	323

14.4	Messgeräte und Einrichtungen für Messungen am Radsatz	323
14.4.1	Kombinierte elektronische Messung	323
14.4.2	Kombinierte mechanische Messung	326
14.4.3	Messung einzelner Masse und Grössen	327
15	Besonderheiten der Radsatzinstandhaltung	337
15.1	Aufpresskräfte und Arbeitsweise bei der Montage von Vollrädern und Radnaben	337
15.1.1	Aufpressen von Radkörpern und Vollrädern im kalten Zustand	339
15.1.2	Qualitätsprüfung der kalt montierten Radkörper und Vollräder	343
15.1.3	Nacharbeit der Radnabensitze an Radsatzwellen	348
15.2	Eigenspannung am Radkranz von Vollrädern	353
15.2.1	Auswirkung der thermischen Belastung auf Vollräder	353
15.2.2	Behandlung thermisch geschädigter Vollräder in der schweren Instandhaltung und Grenzwerte für die Eigenspannungsmessung	356
15.3	Wuchtungsgerechte Paarung von Vollrädern und Wellenbremsscheiben	358
15.3.1	Paarung von Radsätzen mit Vollrädern	358
15.3.2	Paarung von Radsätzen mit Vollrädern und 2 oder 3 Wellenbremsscheiben ...	358
16	Literatur	360
16.1	Literaturquellen	360
16.2	Weiterführende Literatur	360
16.3	Abbildungsnachweis	361
Anhang A1 – A3 (Allgemein)		363
A1	Zeichnungen von Radprofilen	363
A1.1	Radprofil SBB 28-2	364
A1.2	Radprofil SBB 28-2 Reduktion I	365
A1.3	Radprofil SBB 28-2 Reduktion II	366
A1.4	Radprofil SBB 28-2 Reduktion III	367
A1.5	Radprofil SBB 28-2 Reduktion IV	368
A1.6	Radprofil SBB 28-3	369
A1.7	Radprofil SBB 30-2	370
A1.8	Radprofil SBB 30-3	371
A1.9	Radprofil SBB 32-3	372
A1.10	Radprofil VSG RN02.058	373
A1.11	Radprofil DB 60°/4020	375
A1.12	Radprofil Matisa MR 10443.0	377
A1.13	Radprofil Plasser UD00.1035	378
A2	Zeichnungen von mechanischen Messgeräten	381
A2.1	Spurkranzmesslehre	383
A2.2	q _R -Mass-Lehre	387
A2.3	Hohllauflehre	389
A2.4	Lehre Radkranzbreite	391
A3	Ursachenkatalog Profildrehen	392

1 Allgemeines

1.1 ~~1.1~~ Ziel der Regelung

Die Regelung beschreibt die an normalspurigen Radsätzen notwendigen Instandhaltungsarbeiten, abhängig von deren Einsatzbereich unter Beachtung der hoheitlichen Regelungen und des internationalen Einsatzes. Bisherige, durch Normen und Vorgaben nicht klar definierte Grenzwerte und Vorgaben, sind in dieser Regelung so weit möglich definiert unter Berücksichtigung der bisher gängigen Praxis in dieser Regelung so weit möglich definiert.

Diese Regelung soll dazu beitragen, die bei den verschiedenen Radsatzinstandhaltern der Schweiz angewendeten Vorgaben zu vereinheitlichen und das vorhandene Fachwissen festzuhalten.

1.2 ~~1.2~~ Anwendung

~~1.2.1~~ Gültigkeitsbereich

1.2.1 Anwendungsbereich

Die RTE-Regelung kommt zur Anwendung bei der Instandhaltung von normalspurigen Radsätzen zur Anwendung, die nicht unter die Ausnahmen in Abschnitt ~~1.2.2~~ 1.2.2 fallen.

~~1.2.1~~ 1.2.2 ~~1.2.2~~ Ausnahmen

Diese Regelung ist nicht oder nur teilweise auf Radsätze folgender Fahrzeuge anwendbar:

- Zahnradbahnen, Radsätze mit Zahnrädern
- historische Fahrzeuge, insbesondere Dampflokomotiven
- Werkbahnen
- Fahrwerke mit einzeln gelagerten Radscheiben System Talgo ~~+~~ TransGoldenPass
- Fahrzeuge mit spurwechselfähigen Radsätzen

2 Grundlagen

Die nachfolgenden Regelungen und Normen geben u.a. Hinweise oder Vorgaben zu:

- Instandhaltungsintervallen
- Montage-/Demontage von Komponenten
- Geometrie-/Abmessungen-/Grenzmasse
- Prüfungen-/Prüfverfahren
- Unterhalt-/Instandhaltung generell
- zulässigen Nachbesserungen

Hinweis:

UIC-Merkblätter, die ursprünglich für die Lieferung von Radsätzen verwendet wurden, enthalten keine Angaben zu den Verfahren der Produktqualifizierung und Produkteigenschaften. UIC-Merkblätter wurden daher zum Teil aufgehoben und durch SN EN-Normen ersetzt (Beispiele: UIC 813 → SN EN-13260; UIC 811-1/-2 → SN EN 13261). Solche UIC-Merkblätter sind hier ebenfalls aufgeführt, um einen allgemeinen Überblick über vorhandenen Unterlagen zum Thema zu geben, eventuell können daraus ebenfalls noch Informationen gewonnen werden. Gleiches gilt auch für andere Normen und Dokumente.

Die Hierarchie der Regelungen und Normen ist in der R RTE ~~40000~~ 11000 definiert.

2.1 Hoheitliche Regelungen

AB-EBV SR 742.141.11	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (allgemeine Bestimmungen, Instandhaltung)	Stand 01.07.2014 2 024
<u>TSI WAG</u> <u>VO</u> <u>(EU) 321/2013</u>	<u>Verordnung vom 13. März 2013 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Güterwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union und zur Aufhebung der Entscheidung 2006/861/EG der Kommission; zuletzt geändert durch Durchführungsverordnung (EU) 2023/1694</u>	<u>Stand</u> <u>28.09.2023</u>
<u>TSI LOC&PAS</u> <u>VO</u> <u>(EU) 1302/2014</u>	<u>Verordnung vom 18. November 2014 über eine technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems «Fahrzeuge – Lokomotiven und Personenwagen» des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union; zuletzt geändert durch Durchführungsverordnung (EU) 2023/1694</u>	<u>Stand</u> <u>10.08.2023</u>
<u>TSI INF</u> <u>VO</u> <u>(EU) 1299/2014</u>	<u>Verordnung vom 18. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems «Infrastruktur» des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union; zuletzt geändert durch Durchführungsverordnung (EU) 2023/1694</u>	<u>Stand</u> <u>28.09.2023</u>
<u>ECM</u> <u>DVO</u> <u>(EU) 2019/779</u>	<u>Durchführungsverordnung vom 16. Mai 2019 mit Durchführungsbestimmungen für ein System zur Zertifizierung von für die Instandhaltung von Fahrzeugen zuständigen Stellen gemäß der Richtlinie (EU) 2016/798 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 445/2011 der Kommission</u>	<u>Stand</u> <u>16.06.2020</u>

2.2 ~~2.2~~ Normen

SN EN 1330-1	Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie - Teil 1: Allgemeine Begriffe	Ausgabe 2015
SN EN 1330-2	Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie - Teil 2: Begriffe, die von allen zerstörungsfreien Prüfverfahren benutzt werden	Ausgabe 1999
SN EN 1330-3	Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie - Teil 3: Begriffe der industriellen Durchstrahlungsprüfung	Ausgabe 1998
SN EN 1330-4 <u>ISO 5577</u>	Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie - Teil 4: Begriffe der <u>Ultraschallprüfung – Terminologie</u>	Ausgabe 2010 <u>2017</u>
SN EN 1330-7 <u>ISO 12707</u>	Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie - Teil 7: Begriffe der <u>Magnetpulverprüfung – Vokabular</u>	Ausgabe 2005 <u>2016</u>
SN EN 1330-8 <u>ISO 20484</u>	Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie - Teil 8: Begriffe für die <u>Dichtheitsprüfung – Begriffe</u>	Ausgabe 1998 <u>2017</u>
SN EN 1330-9	Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 9: Begriffe der Schallemissionsprüfung	Ausgabe 2009 <u>2017</u>
SN EN 1330-10	Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 10: Begriffe für Sichtprüfung	Ausgabe 2003
SN EN 1330-11	Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 11: Begriffe der Röntgendiffraktometrie von polykristallinen und amorphen Materialien	Ausgabe 2007
SN EN 1369	Giessereiwesen - Magnetpulverprüfung	Ausgabe 2012
SN EN 12080+A1	Bahnanwendungen – Radsatzlager – Wälzlager	Ausgabe 2014 <u>2022</u>
SN EN 12081+A1	Bahnanwendungen – Radsatzlager - Schmierfette	Ausgabe 2014 <u>2017</u>
SN EN 12082+A1	Bahnanwendungen – Radsatzlager – Prüfung des Leistungsvermögens	Ausgabe 2014 <u>2021</u>
SN EN 13103 +A2-1 <u>+A1</u>	Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle - Laufradsatzwellen – Konstruktions- und Berechnungsrichtlinie – Teil 1: Konstruktionsleitfaden für aussengelagerte Radsatzwellen	Ausgabe 2012 <u>2023</u>
SN EN 13104+A2 <u>CEN/TS 13103-2</u>	Bahnanwendungen - Radsätze und Drehgestelle - Treibradsatzwellen – Konstruktionsverfahren <u>Teil 2: Konstruktionsleitfaden für innengelagerte Radsatzwellen</u>	Ausgabe 2013 <u>2021</u>
SN EN 13260 +A1	Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Radsätze – Produktanforderungen	Ausgabe 2010 <u>2021</u>
SN EN 13261 +A1	Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Radsatzwellen – Produktanforderungen	Ausgabe 2010 <u>2024</u>
SN EN 13262 +A2	Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Räder – Produktanforderungen	Ausgabe 2014 <u>2026</u>

SN EN 13306	Instandhaltung — Begriffe der Instandhaltung	Ausgabe 2010 <u>2018</u>
SN EN 13715 +A1	Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Räder — Radprofile	Ausgabe 2014 <u>2020</u>
SN EN 13979-1 +A2	Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Vollräder- Technisches Zulassungsverfahren – Teil 1: Geschmiedete und gewalzte Räder	Ausgabe 2014 <u>2024</u>
SN EN 14363 +A2	Bahnanwendungen – Fahrtechnische Prüfung <u>Ver-</u> suche und Simulationen für die fahrtechnische <u>Zu-</u> lassung der fahrtechnischen Eigenschaften von Ei- senbahnfahrzeugen — Fahrverhalten und stationäre Versuche	Ausgabe 2006 <u>2022</u>
SN EN 14865-1 +A1	Bahnanwendungen – Schmierfette für Radsatzlager – Teil 1: Prüfung der Schmierfähigkeit	Ausgabe 2011
SN EN 14865-2 +A2	Bahnanwendungen – Schmierfette für Radsatzlager – Teil 2: Prüfverfahren für mechanische Stabilität bei Schienenfahrzeugen bis zu Geschwindigkeiten von 200 km/h	Ausgabe 2011
SN EN 15085-1 +A1	Bahnanwendungen — Schweißen von Schienen- fahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 1: Allgemei- nes	Ausgabe 2013 <u>2023</u>
SN EN 15085-2 +A2	Bahnanwendungen — Schweißen von Schienen- fahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 2: Qualitäts- anforderungen und Zertifizierung von Schweissbe- trieben <u>Anforderungen an Schweissbetriebe</u>	Ausgabe 2008 <u>2025</u>
SN EN 15085-3 +A1	Bahnanwendungen — Schweißen von Schienen- fahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 3: Konstrukti- onsvorgaben	Ausgabe 2008 <u>2023</u>
SN EN 15085-4	Bahnanwendungen — Schweißen von Schienen- fahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 4: Ferti- gungsanforderungen	Ausgabe 2008 <u>2023</u>
SN EN 15085-5	Bahnanwendungen — Schweißen von Schienen- fahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 5: Prüfung und Dokumentation <u>erbinde</u> — Produktnorm <u>Doku-</u> <u>mentation</u>	Ausgabe 2008 <u>2023</u>
SN EN 15313	Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Radsatzinstandhaltung	Ausgabe 2010 <u>2024</u>
SN EN 15437-1 +A1	Zustandsüberwachung von Radsatzlagern – Schnitt- stellen und Gestaltungsanforderungen – Teil 1: Heissläuferortungsanlagen und Radsatzla- gergehäusegestaltung	Ausgabe 2010 <u>2023</u>
SN EN ISO 8501-1	Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftra- gen von Beschichtungsstoffen — Visuelle Beurtei- lung der Oberflächenreinheit — Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbe- schichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Be- schichtungen	Ausgabe 2008

SN EN ISO 9001	Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen	Ausgabe 2015
SN EN ISO 9606-1	Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle	Ausgabe 2013 2018
SN EN ISO 9712	Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung	Ausgabe 2012 2022
SN EN ISO 9934-1	Zerstörungsfreie Prüfung — Magnetpulverprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen	Ausgabe 2015 2017
SN EN ISO 9934-2	Zerstörungsfreie Prüfung — Magnetpulverprüfung — Teil 2: Prüfmittel	Ausgabe 2015
SN EN ISO 9934-3	Zerstörungsfreie Prüfung — Magnetpulverprüfung — Teil 3: Geräte	Ausgabe 2015
SN EN ISO 12944-4	Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung	Ausgabe 1998 2018
DIN 27201-1	Zustand der Eisenbahnfahrzeuge — Grundlagen und Fertigungstechnologien — Teil 1: Verfahrensweise zur Erstellung und Änderung von Instandhaltungsprogrammen	Ausgabe 2006
DIN 27201-2	Zustand der Eisenbahnfahrzeuge — Grundlagen und Fertigungstechnologien — Teil 2: Instandhaltungsnachweis	Ausgabe 2012
DIN 27201-3	Zustand der Eisenbahnfahrzeuge – Grundlagen und Fertigungstechnologien – Teil 3: Werkstattfahrt	Ausgabe 2012 2024
DIN 27201-4	Zustand der Eisenbahnfahrzeuge – Grundlagen und Fertigungstechnologien – Teil 4: Behandeln von Eisenbahnfahrzeugen nach gefährlichen Ereignissen	Ausgabe 2014 2025
DIN 27201-9	Zustand der Eisenbahnfahrzeuge — Grundlagen und Fertigungstechnologien — Teil 9: Messen	Ausgabe 2006 2024
DIN 27201-11	Zustand der Eisenbahnfahrzeuge – Grundlagen und Fertigungstechnologien – Teil 11: Verfahrensweise zur Erstellung eines Fehlertoleranzkonzeptes	Ausgabe 2012 2022

2.3 ~~2.3~~ RTE- und Regelungen der Bahnen

<u>R RTE 29001</u>	<u>Wechselwirkung Fahrzeug/Fahrweg (Fahrtechnik) Normalspur</u>	<u>1. Ausgabe 17.02.2022</u>
SBB Wt 502/97 <u>BCA 20059323</u>	Technische Weisung <u>Regel</u> Reprofilierung <u>von Radsätzen</u> (nicht öffentlich publiziert)	Ausgabe 1998 2014
SBB Cargo TSP 004	Haltvorschrift Radsatz SBB Cargo (nicht öffentlich publiziert)	Version 4.0 01.10.2013

2.4 ~~2.4~~ Richtlinien und Merkblätter

<u>AVV Anlage 9</u>	<u>Mängel und Schäden an Güterwagen im Betrieb und Folgemaßnahmen</u>	<u>Ausgabe 01.01.2026</u>
<u>AVV Anlage 10</u>	<u>Mindestzustand und Massnahmen zur Wiederherstellung der Lauffähigkeit von Güterwagen</u>	<u>Ausgabe 01.01.2026</u>
<u>COTIF 1999</u>	<u>Übereinkommen über den internationalen Eisenbahnverkehr (COTIF)</u>	<u>Stand 01.12.2010</u>
<u>ETV WAG</u>	<u>Einheitliche Technische Vorschriften zum Teilsystem: «Fahrzeuge – GÜTERWAGEN» (ETV WAG)</u>	<u>Ausgabe 22.06.2021</u>
<u>Fehlerkatalog (BAV)</u>	<u>Fehlerkatalog für die Kontrolle von Zügen, Güter-, Reisezug-, und Gefahrgutwagen, V18.0 Aktenzeichen: BAV-521.110.0-1/34/2</u>	<u>Ausgabe 01.01.2026</u>
<u>VPI -EMG 04 (VPI-Leitfaden)</u>	<u>Instandhaltung von Güterwagen – Radsätze</u>	<u>Ausgabe 5 01.12.2024</u>

UIC 510-2 (VE)	Wagen. Bedingungen für die Verwendung von Rädern verschiedener Durchmesser in Laufwerken unterschiedlicher Bauart	4. Ausgabe 2002
<u>IRS 50510-5 (UIC 510-5 (V))</u>	<u>Technische Zulassung von Vollrädern – Anwendungsdokument für die SN-EN 13979-1</u> <u>Additional requirements for the technical approval of forged and rolled wheels according to EN 13979-1</u>	<u>21. Ausgabe 2007</u> <u>2023</u>
UIC 519 (VE)	Methode zur Bestimmung der äquivalenten Konizität	1. Ausgabe 2004
UIC 579-1 (VE)	Güterwagen – Periodische Revision – Methodologien zur Bestimmung ihrer Häufigkeit und ihres Umfangs	3. Ausgabe 2003
UIC 810-1 (V)	Technische Lieferbedingungen für Rohradreifen aus gewalztem, unlegiertem Stahl für Triebfahrzeuge und Wagen	5. Ausgabe 2003
UIC 810-2 (VE)	Technische Lieferbedingungen für unbearbeitete Radreifen für Triebfahrzeuge und Wagen – Toleranzen	4. Ausgabe 1985
UIC 810-3 (V)	Technische Lieferbedingungen für unlegierten Flach- und Formstahl für Radreifensprengringe	1. Ausgabe 1990
UIC 811-1 (VE)	Technische Lieferbedingungen, Radsatzwellen für Triebfahrzeuge und Wagen (aufgehoben, ersetzt durch SN EN 13261)	4. Ausgabe 1987
UIC 811-2 (VE)	Technische Lieferbedingungen, Radsatzwellen für Triebfahrzeuge und Wagen – Toleranzen (aufgehoben, ersetzt durch SN EN 13261)	2. Ausgabe 2004
<u>UIC 812-1 (VE)</u>	<u>Technische Lieferbedingungen für gewalzte oder geschmiedete Radkörper am Stahl für Triebfahrzeuge und Wagen – Gütevorschriften</u>	<u>1. Ausgabe 1989</u>

<u>UIC 812-2 (VE)</u>	<u>Vollräder für Triebfahrzeuge und Wagen – Toleranzen</u>	<u>1. Ausgabe 2002</u>
<u>UIC 812-3 (V)</u>	<u>Technische Lieferbedingungen für Vollräder aus gewalztem unlegiertem Stahl für Triebfahrzeuge und Wagen</u>	<u>1. Ausgabe 1984</u>
UIC 812-4 (VE)	Technische Lieferbedingungen für bereifte Räder für Wagen und Triebfahrzeuge – Bereifung und Toleranzen	1. Ausgabe 1990
UIC 812-5 (VE)	Technische Lieferbedingungen für gewalzte oder geschmiedete Radkörper aus Stahl für Triebfahrzeuge und Wagen – Toleranzen und Oberflächenrauigkeit	1. Ausgabe 1988
UIC 813 (V)	Technische Lieferbedingungen, Radsätze für Triebfahrzeuge und Wagen – Toleranzen und Montage (aufgehoben, ersetzt durch SN EN 13260)	2. Ausgabe 2003
UIC V-BKS (K)	UIC-Baurichtlinie V-BKS (K): Konstruktion und Auslegung von Güterwagen mit Verbundstoff-Bremsklotzsohlen mit hohem Reibwert (K) – Bremsbetrieb, Überwachung und Instandhaltung	9. Ausgabe 01.08.2013
UIC V-BKS (LL)	UIC-Anwendungsrichtlinie V-BKS (LL): Auslegung von Güterwagen mit Verbundstoff-Bremsklotzsohlen mit niedrigem Reibwert (LL) – Bremsbetrieb, Überwachung und Instandhaltung	10. Ausgabe 01.08.2013

Verbindlichkeit von UIC-Merkblättern: (V) Verbindlich (E) Empfehlend (I) Informativ

2.5 Weitere, eingeschränkt verwendete Grundlagen

TSI WAG VO (EU) 321/2013	Fahrzeuge – Güterwagen (L 104/1)	Ausgabe 13.04.2013
TSI WAG VO (EU) 1236/2013	Fahrzeuge – Güterwagen – Änderung (L 322/23)	Ausgabe 04.12.2013
TSI LOC&PAS VO (EU) 1302/2014 DIN 5573 (zurückgezogen)	Fahrzeuge – Lokomotiven und Personenwagen (L 356/228) Schienenfahrzeuge - Radprofile - Breite 135 und 140 mm	Ausgabe 01.01.2015 1995
TSI INF VO (EU) 1299/2014 DIN 51501 (zurückgezogen)	Infrastruktur (L 356/1) Lubricants; Lubricating Oils L-AN; Minimum Requirements	Ausgabe 01.01.2015 1979
ECM VO (EU) 445/2011	System zur Zertifizierung von für die Instandhaltung von Güterwagen zuständigen Stellen	Ausgabe 10.05.2011
AVV Anlage 10	Güterwagen – Korrektive und präventive Instandhaltung	Ausgabe 16.06.2009

COTIF 1999	Übereinkommen über den internationalen Eisenbahnverkehr der OTIF.	in Kraft ab 01.07.2006
ECCM	European Common Criteria for Maintenance (of wheelset axles)	Version 1.1 22.06.2010
ETV WAG A-94-02/2.2012	Einheitliche Technische Vorschriften (ETV) zum Teilsystem – Fahrzeuge: GÜTERWAGEN	Version 07 01.01.2014
EVIC	Europäischer Sichtprüfungskatalog für Güterwagenradsatzwellen (European visual inspection catalogue for freight wagon axles) der Joint Sector Group für ERA Task Force über Güterwagen/Radsatzinstandhaltung.	Version 2.11
EWT	European Wheelset Traceability (for freight wagon axles)	Ausgabe 26.07.2010
VPI 04 (VPI-Leitfaden)	Instandhaltung von Güterwagen – Radsätze	Ausgabe 3 01.07.2012

2.5 Weitere, eingeschränkt verwendete Grundlagen

EBA	Allgemeinverfügung: Instandhaltung von Radsätzen an Güterwagen	Ausgabe 10.07.2007
EBA	Allgemeinverfügung: Dokumentation der Historie und Instandhaltung von Güterwagenradsätzen	Ausgabe 23.12.2009
<u>ECCM^{a)}</u>	<u>European Common Criteria for Maintenance (of wheelset axles)</u>	<u>Version 1.1 22.06.2010</u>
<u>ERA</u>	<u>JNS Normales Verfahren "Unfall Gotthard-Basistunnel - gebrochene Räder", Abschlussbericht</u>	<u>Version 3.0 04.04.2025</u>
<u>EVIC^{b)}</u>	<u>Europäischer Sichtprüfungskatalog (EVIC) für Güterwagenradsatzwellen.</u>	<u>Stand 01.01.2015</u>
<u>EWT^{c)}</u>	<u>European Wheelset Traceability (for freight wagon axles)</u>	<u>Ausgabe 26.07.2010</u>
GM/RT2466	Railway Group Standard - Railway Wheelsets	Issue 35 February 2010 04.03.2023

a) Der Inhalt ist in die SN EN 15313 und den EVIC-Katalog übergegangen.

b) Der EVIC-Katalog ist inzwischen fester Bestandteil des AVV, Anlage 10, Anhang 3.

c) Der Inhalt ist in die SN EN 15313 und den AVV übergegangen.

3 Abkürzungen, Begriffe und Definitionen

3.1 ~~3.1~~ Abkürzungen

AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung
AVV	Allgemeiner Vertrag für die Verwendung von Güterwagen
CER	Community of European Railway and Infrastructure Companies
COTIF	Convention relative aux Transports Internationaux Ferroviaires (Übereinkommen über den internationalen Eisenbahnverkehr)
ECM	Entity in Charge of Maintenance
ERFA	European Rail Freight Association
ERA	European Railway Agency
ETV	Einheitliche technische Vorschriften (OTIF-Entsprechung zur TSI) siehe auch PTU (in Französisch), UTP (in Englisch)
EVIC	European Visual Inspection Catalogue (Visuelle Kontrolle der Radsatzwelle)
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
EWT	European Wheelset Traceability
HFO	Heissläufer-Ortungsanlage
IS	Instandhaltungsstufen IS 0 bis IS 3 am Radsatz gemäss VPI 04 (VPI-Leitfaden).
<u>JNS</u>	<u>Joint Network Secretariat zur Erarbeitung harmonisierter Massnahmen nach schwerwiegenden Ereignissen im Eisenbahnverkehr auf europäi- scher Ebene</u>
LRS	Laufadsatz
OTIF	Organisation Intergouvernementale pour les Transports Internationaux Ferroviaires (zwischenstaatliche Organisation für den internationalen Eisenbahnverkehr)
PTU	Prescriptions techniques uniformes (OTIF-Entsprechung zur TSI) siehe auch ETV (in Deutsch), UTP (in Englisch)
RCF	Rolling Contact Fatigue (Rollkontaktermüdung)
RIC	Regolamento Internazionale delle Carrozze
RIV	Regolamento Internazionale Veicoli
TEN	Trans-European Networks
TRS	Triebradsatz
TSI	Technical specification for Interoperability
UFD	Unterflurdrehbank für Radsätze

UIC	Union internationale des chemins de fer
UIP	International Union of Wagon Keepers
UIRR	International Union of Combined Road-Rail Transport Companies
UITP	L'Union internationale des transports publics
UNIFE	Association of the European Rail Industry
UTP	Uniform Technical Prescriptions (OTIF-Entsprechung zur TSI) siehe auch ETV (in Deutsch), PTU (in Französisch)
VPI	Verband der Güterwagenhalter in Deutschland
ZfP	Zerstörungsfreie Prüfung
ZKE	Zugskontrolleinrichtung

3.2 ~~3.2~~ Begriffe

Für die Anwendung dieser Regelung gelten folgende Begriffe:

Vollrad	Neue Bezeichnung für den veralteten Begriff «Monoblocrad». Wird auch als Radscheibe bezeichnet.
Radscheibe	Siehe Vollrad.
Radreifen	Neue Bezeichnung für den veralteten Begriff «Bandage».
Radkörper	Korrekte Bezeichnung für den umgangssprachlichen Begriff «Felge» oder «Radnabe».
<u>Radreifen</u>	<u>Neue Bezeichnung für den veralteten Begriff «Bandage».</u>
Radsatz	Technisch korrekte Bezeichnung einer Radsatzwelle mit zwei montierten Radscheiben sowie ggf. der Lagerung und weiterer Anbauteile. Umgangssprachlich auch als Achse bezeichnet.

<u>3.3 — Radscheibe</u>	<u>Siehe Vollrad.</u>
<u>Vollrad</u>	<u>Neue Bezeichnung für den veralteten Begriff «Monoblocrad». Wird auch als Radscheibe bezeichnet.</u>

Entwurf

3.3 Definitionen

Folgende Sachverhalte gelten für diese RTE-Regelung:

3.3.1 ~~3.3.1~~ Halter

~~Der Halter ist gleichzeitig auch ECM.~~

Führt der Halter die Funktion der Instandhaltungserbringung nicht selberselbst aus, müssen die Zuständigkeiten zwischen Halter und der ausführenden Stelle vertraglich geregelt sein.

3.3.2 ~~3.3.2~~ Werkstattarten

- **Instandhaltungswerkstatt**

⇨ Werkstatt, die Inspektionen an Radsätzen durchführen kann, in der Regel Werkstätten für die betriebsnahe Instandhaltung, bei verschiedenen Bahnen auch Serviceanlage genannt.

- **Fachwerkstatt**

⇨ Werkstatt, die Radsätze tiefgreifender behandeln (instandsetzen) kann (reprofilieren im ausgebauten Zustand, Neubeschreibung, Lageraufarbeitung, etc.), auch als Industriewerk oder Hauptwerkstätte bezeichnet.

3.3.3 ~~3.3.3~~ Unterscheidung Güterwagen – Dienstwagen

- **Güterwagen**

⇨ Wagen zur kommerziellen Beförderung von Gütern.

- **Dienstwagen**

⇨ Güterwagen für bahndienstliche Zwecke und nicht kommerzielle Beförderung von Gütern, vorwiegend für die Bahninfrastruktur.

4 4—Grundsätze

Zur Verwendung der aktuellen SN EN-Normen im Bereich Radsatz gilt folgende Klassifizierung:

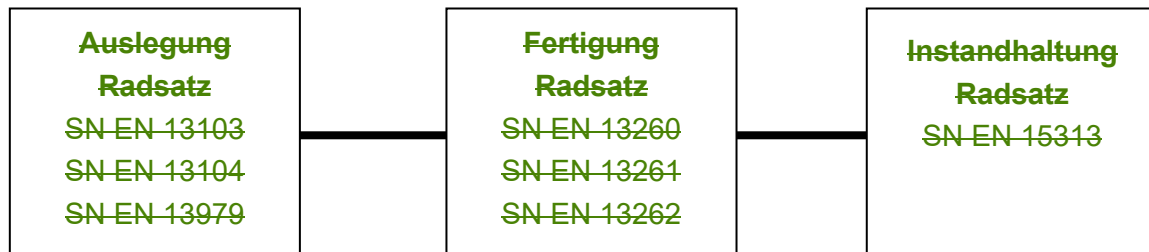


Abb.

4-1:

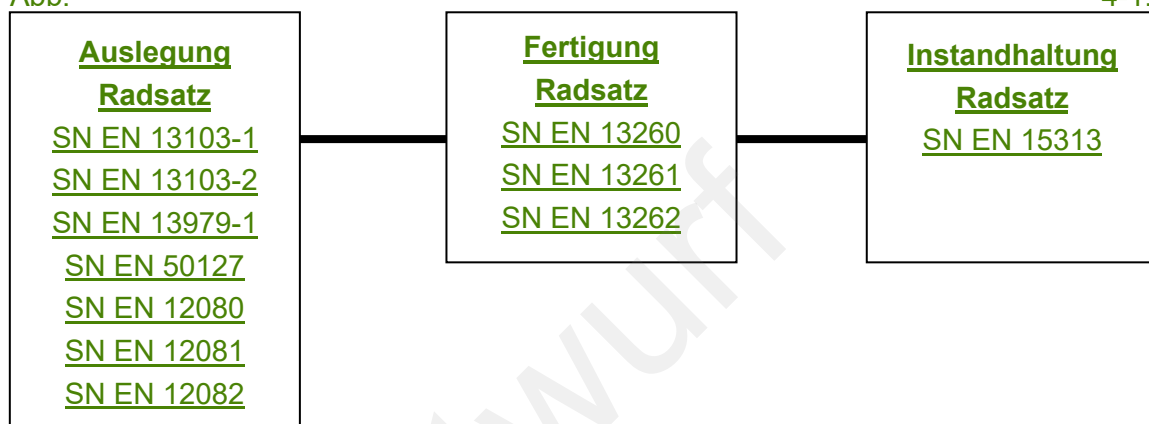


Abbildung 4-1: Übersicht SN EN-Normen im Bereich Radsatz- (nicht abschliessend)

Dabei ist sicher zu stellen, dass stets die aktuellsteaktuelle Version vorliegt bzw. die Migration im Zuge der Erstellung der TSI berücksichtigt wird sowie die nachfolgend beschriebenen besonderen Schweizer Verhältnisse bei den Vorgaben für die mechanische Bewertung gemäss Ziffer 4.4 der SN EN 13979-1 (Beschreibung der Strecken, Parameter der Bögen, Höchstgeschwindigkeit, Fahrzeugen auf diesen Strecken) einfließen.

5 Instandhaltung generell

4.1 5.1 Bewertung bei der Auslegung - Besonderen Schweizer Verhältnisse

Gemäss der Regelung R RTE 29001 «Wechselwirkung Fahrzeug/Fahrweg (Fahrtechnik) Normalspur» ist bei der Fahrzeugauslegung, der Fahrzeugbeschaffung und beim Fahrzeugeinsatz den besonderen Schweizer Verhältnissen sowie den betrieblichen Anforderungen Rechnung zu tragen. Die Trassierung des Normalspur-Schienennetzes in der Schweiz weist eine verhältnismässig grosse Anzahl an Strecken auf, die Gleisbögen mit sehr kleinen Bogenradien $R < 400$ m und extra kleinen Bogenradien $R < 250$ m beinhalten, welche im Vergleich zu anderen europäischen Ländern unter Berücksichtigung der gefahrenen Geschwindigkeiten fahrtechnisch sehr anspruchsvoll sind.

Als spezifischer Parameter für die Auslegung von Radscheiben und Radsatzwellen beträgt der Bogenanteil $R \leq 800$ m des Schweizer Normalspurnetzes rund 30 % (siehe auch IRS 50510-5 Absatz 8.2.1.3). Dementsprechend sind im Rahmen der mechanischen Auslegung für die aussergewöhnliche Belastung und die Ermüdungsbelastung gemäss SN EN 13979-1 (Ziffern 4.4 und 8.2) und SN EN 13103-1 unter Berücksichtigung des fahrzeugspezifischen Fahrverhaltens höhere Rad/Schiene-Kräfte zu berücksichtigen.

Dies bedeutet, dass entweder sämtliche Radsätze als führend zu betrachten und bei der mechanischen Auslegung die Vorgaben der SN EN 13979-1 für die Führungskräfte $F_{y\lim}$ (aussergewöhnliche Belastung) und F_y (Ermüdungsbelastung) um einen Faktor $f_y = 1.3$ zu erhöhen oder das fahrzeugspezifische Fahrverhalten mit den daraus resultierenden Führungskräften zu berücksichtigen sind.

5 Instandhaltung generell

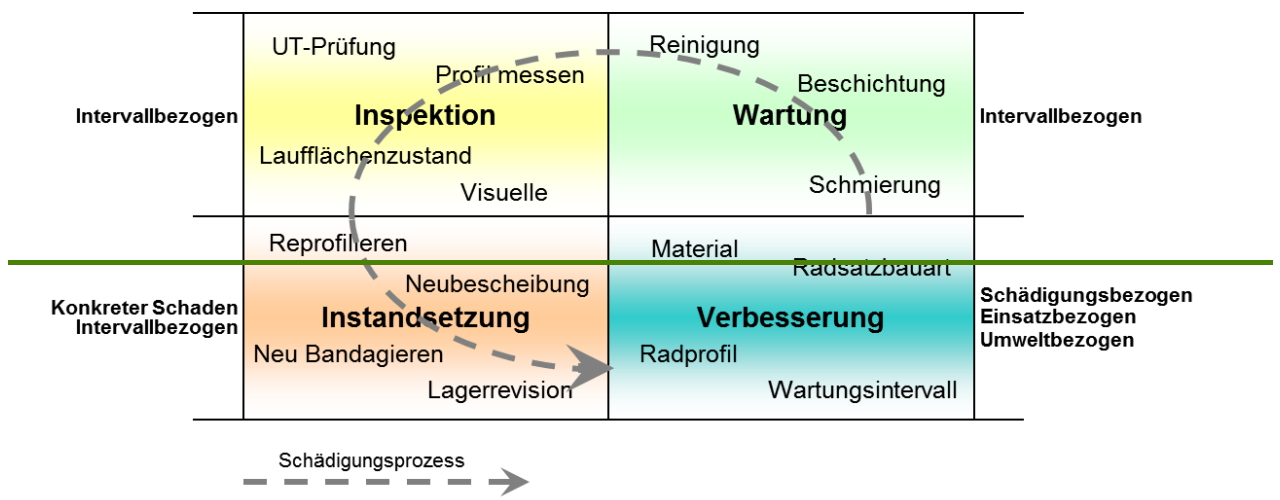
4.15.1 Definition der Instandhaltung

Die Instandhaltung von Radsätzen umfasst die Kombination aller technischen und administrativen Massnahmen zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes oder der Rückführung in diesen, so dass die geforderte Funktion erfüllt werden kann.

Die Instandhaltung wird nachgemäss SN EN 13306 in vier Bereiche unterteilt. Diese können dem Radsatz wie folgt zugeordnet werden:

- **Wartung**
Unter Wartung fallen Massnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrates. Zur Wartung eines Radsatzes gehören beispielsweise Ausbesserungen von Farbschäden oder Nachschmieren von Radsatzlagern.
- **Inspektion**
Unter Inspektion fallen Massnahmen zur Festlegung und Beurteilung des Istzustandes einer Betrachtungseinheit, einschliesslich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung. In Bezug auf den Radsatz sind darunter die Tätigkeiten der leichten Instandhaltung zu verstehen.
- **Instandsetzung**
Unter Instandsetzung fallen Massnahmen zur Rückführung einer Betrachtungseinheit in den funktionsfähigen Zustand, mit Ausnahme von Verbesserungen. In Bezug auf den Radsatz sind darunter die Tätigkeiten der schweren Instandhaltung zu verstehen.
- **Verbesserung**
Verbesserung ist die Kombination aller technischen und administrativen Massnahmen sowie Massnahmen des Managements zur Steigerung der Funktionssicherheit einer Betrachtungseinheit, ohne die von ihr geforderte Funktion zu ändern. Bei Radsätzen kann dies der Einsatz eines besseren Werkstoffes sein.

Im Gegensatz zur SN EN 13306 werden im Bereich dieser RTE-Regelung nur Wartung, Inspektion und Instandsetzung der Radsätze behandelt.



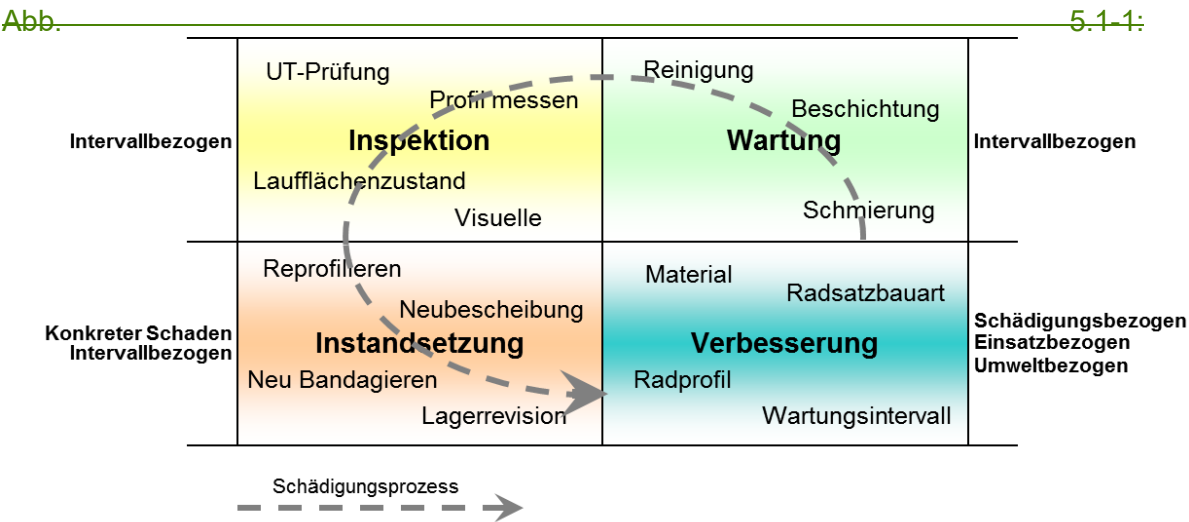


Abbildung 5_1: Instandhaltung

Entwurf

4.25.2 5.2 Gründe für die Instandhaltung

Ein sicherer Bahnbetrieb ist nur mit Komponenten gewährleistet, die regelmässig auf ihre weitere Betriebstauglichkeit hin geprüft werden. Diese Überprüfung erfolgt im Rahmen der Inspektion und der Instandsetzung und stellt sicher, dass die entsprechende Komponente genügend Materialreserven (und Zeitreserve) für ein weiteres Einsatzintervall hat bzw. nachweislich fehlerfrei ist.

Bei Radsätzen handelt es sich dabei in erster Linie um Materialreserven der Räder zur Sicherstellung eines konformen Radprofils und, sofern vorhanden, Bremsscheiben sowie die Bestätigung fehlerfreier und damit rissfreier Radscheiben und Radsatzwellen und die Funktionstüchtigkeit der Radsatzlager.

~~Ohne eine gute Instandhaltung ist ein sicherer und zuverlässiger Bahnbetrieb nicht möglich.~~

Grundsätzlich gilt:

Durch die Instandhaltungsarbeiten ist sicher zu stellen, dass der Radsatz sämtliche Anforderungen an die Sicherheit bis zur nächsten vorgesehenen Instandhaltung erfüllen kann. Wünschenswert ist ebenfalls, dass die Anforderungen an Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit ebenso erfüllt werden, wobei die Aspekte der Sicherheit in jedem Fall prioritär sind.

Die Instandhaltung zum Erzielen der geforderten Sicherheit ist in der Regel zwingend und durch Vorschriften geregelt und liegt in der Verantwortung des Fahrzeughalters oder des Instandhaltungserbringers. Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit sind stark von Betriebseinsatz und den Erwartungen des Betreibers abhängig.

4.2.15.2.1 5.2.1 Sicherheit

Im Bereich Radsatz ist der Betriebssicherheit grösste Aufmerksamkeit zu widmen. Das Versagen einzelner Bauteile eines Radsatzes kann verheerende Folgen haben. Durch eine regelmässige Instandhaltung kann dieses Risiko sehr stark minimiert werden. Gesetze, Vorschriften, Vorgaben des Herstellers und Betriebserfahrung regeln im Bereich der sicherheitskritischen Bauteile weitgehend die Massnahmen zur Instandhaltung.

Das Verletzen von Betriebsgrenzwerten, gleich aus welchem Hintergrund, ist grundsätzlich nicht zulässig, wenn der entsprechende Radsatz im laufenden Betrieb eingesetzt wird. Radsätze, die Betriebsgrenzwerte verletzen, sind umgehend der Instandsetzung zuzuführen.

4.2.25.2.2 5.2.2 Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit

Über den Grad der erwünschten Zuverlässigkeit der Radsätze im Betrieb und damit der Verfügbarkeit der Fahrzeuge insgesamt kann jeder Fahrzeughalter in gewissem Rahmen selber entscheiden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass bei Radsätzen die Grenze der Zuverlässigkeit in der Regel auch eine Sicherheitsgrenze ist. Bei Radsätzen spielt daher die Bewertung nach der Verfügbarkeit der Fahrzeuge eine untergeordnete Rolle, die Sicherheit zur Gewährleistung der Einhaltung von Betriebsgrenzmassen ist vorrangig. Die Instandsetzung dient bei Ausfällen und bei Verschleiss der Wiederherstellung der vollständigen Betriebstüchtigkeit.

Bei räumlich begrenzten Einsätzen von Fahrzeugen kann z.B. im Rahmen der Verfügbarkeit das Radprofil kontrolliert bis an seine Grenzwerte abgefahren werden, während dies bei internationalen Einsätzen, vorzugsweise im Güterverkehr, in der Regel mangels kurzer Kontrollintervalle nicht möglich ist.

Entwurf

4.2.35.2.3 ~~5.2.3~~ **Wirtschaftlichkeit**

Radsätze und deren Instandhaltung ist kostenintensiv. Es ist daher das Ziel, einen Radsatz so gut wie möglich im Betrieb zu nutzen und vorhandene Materialreserven gezielt auszunutzen. Gezielt geplante Instandhaltungen können die Nutzungsdauer unter Umständen verlängern und zu einer besseren Nutzung der vorhandenen Ressourcen beitragen.

Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben unter anderem:

- Reprofilierungsintervall Laufflächen und damit je nach Fahrzeug
 - Angepasstes Radprofil
 - Bremsregelung (Gleitschutz)
 - Traktionsregelung (Schleuderschutz)
 - Einsatzgebiet des Fahrzeugs
- Laufflächenverschleiss pro Laufkilometer
- Materialvorrat Laufkreisdurchmesser
- Vollradwerkstoff-/Radreifenwerkstoff
- Betriebsverschleiss der Bremsflächen bei Bremsscheiben
- Kontrollintervall UT-Untersuchung Radsatzwelle am Fahrzeug
- Lebensdauer Vollrad oder Radreifen
- Lebensdauer der Radsatzlager
- Qualität Radsatzlagerfett
- Qualität der Oberflächenbeschichtung
- Beschaffungskosten
- Instandhaltungskosten

~~Ebenfalls einen~~ Einen weiteren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat eine vom Fahrzeughalter zu definierende Grenze, bis zu der eine Aufarbeitung noch wirtschaftlich vertretbar ist. Als Beispiel sei die Entscheidungsgrenze zwischen Reprofilierung und Restlaufleistung oder Neubeschreibung bzw. Neubereifung genannt.

4.35.3 ~~5.3~~ **Zielsetzung der Instandhaltung**

Durch die mit der Instandhaltung in den verschiedenen Stufen verbundenen Arbeiten und Kontrollen soll sichergestellt werden, dass der Radsatz unter Ausnützung der zulässigen Betriebsgrenzmasse zu einem vertretbaren Kostenaufwand sicher und zuverlässig eingesetzt werden kann. Die korrekte Ausführung der Instandsetzungsarbeiten muss dokumentiert und gemäss gesetzlichen Vorgaben archiviert werden (siehe dazu auch Kapitel ~~44~~.11).

4.45.4 5.4 Instandhaltungsfunktionen

Die Instandhaltung betrifft die Überwachung der unter den Fahrzeugen eingebauten Radsätze (Inspektion), die Behandlung eingebauter und ausgebauter Radsätze und die Behandlung von aussergewöhnlichen Vorfällen, die im laufenden Betrieb durch verschiedene Instanzen festgestellt wurden, z.B. Heissläufer, Festbremsen, Kollisionen, Überladung, Hochwassereinwirkung, etc.

Zur Sicherstellung der korrekten Behandlung von Radsätzen ist ein Instandhaltungsmanagementsystem (z.B. ECM) notwendig, das die verschiedenen Tätigkeiten koordiniert.

4.4.15.4.1 5.4.1 Anforderungen an die Instandhaltung

Zur korrekten Durchführung aller Instandhaltungsmassnahmen an Radsätzen muss mindestens folgendes vorhanden sein:

- Alle Instandhaltungsarbeiten sind von entsprechend ausgebildetem Personal unter Aufsicht qualifizierter Fachleute durchzuführen.
- Die benötigten Werkzeuge, Lehren und Messmittel sind bereit zu stellen und in gutem Zustand zu halten. Lehren und Messmittel sind in definierten Abständen zu überprüfen.
- ein Instandhaltungsprogramm im Sinne eines Regelwerkes zur Behandlung der Radsätze
- ein organisierter Rückfluss von Betriebserfahrungen
- eine Organisation zum Verwalten von Bauteilen und der Produktion
- eine Organisation zum Verwalten der Bauteilehistorie (Rückverfolgbarkeit)
- qualifiziertes Werkzeug für die Instandhaltung von Radsätzen
- qualifiziertes Personal für die zerstörungsfreie Prüfung an Radsätzen und an Radsatzkomponenten (Qualifizierung zum Beispiel nachgemäss SN EN ISO 9712-1)
- gemäss SN EN ISO 9606-1 qualifiziertes und geprüftes Personal für Schweissarbeiten an Radsatzkomponenten (~~qualifiziert und geprüft nach SN EN ISO 9606-1~~). Beispiele: Verschleissplatten an Radsatzlagergehäusen, Auswuchtgewichte an Sprengringen, Schweissarbeiten an Speichenrädern.)

Das Instandhaltungswerk muss für alle Radsatzbauarten, die es im Rahmen der Instandhaltung behandelt, entsprechend qualifiziert sein. Dies betrifft alle Tätigkeiten am Radsatz im eingebauten und ausgebauten Zustand sowie reduzierte Instandhaltungsaufgaben wie z.B. Reprofilierung.

~~Für die Zertifizierung der Instandhaltungswerkstatt verantwortlich ist der Fahrzeughalter oder ECM A bzw. ECM I. Der Fahrzeughalter oder ECM A bzw. ECM I legt den Umfang der Zertifizierung fest.~~

5.4.2-Der Fahrzeughalter bzw. ECM 1 ist dafür verantwortlich, dass die Arbeiten durch zertifizierte Instandhaltungswerke ausgeführt werden.

4.4.25.4.2 Instandhaltungsregelwerk

Für die Instandhaltung von eingebauten und ausgebauten Radsätzen ist es notwendig, über ein Instandhaltungsregelwerk (entsprechend SN EN 15313) zu verfügen. Dieses Instandhaltungsregelwerk muss folgende Punkte behandeln können:

- Anforderungen an die Instandhaltung auf Basis technischer und hoheitlicher Vorgaben
- Anforderung an die Organisation und Planung der Instandhaltung (AVOR)
- Anforderung an die Durchführung der Instandhaltung mit geeigneten Mitteln (Werkstatt)
- Auswertung der Instandhaltung zur Schwachstellenanalyse ~~+/KVP~~
- Sicherstellen der Datenerfassung entsprechend den Vorgaben aus Kapitel ~~11~~ (EWT11 (SN EN 15313))

Die ECM ~~A bzw. ECM-I 1~~ ist dafür verantwortlich, dass das Instandhaltungsprogramm von einem kompetenten technischen Dienst (Rolle des ECM ~~B bzw. ECM-II 2~~) aus dem Eisenbahnbereich erstellt wird. Die verschiedenen ECM-Rollen können innerhalb des gleichen Unternehmens angesiedelt sein. Es ist sicher zu stellen, dass das Instandhaltungsregelwerk dem Stand der Technik entspricht.

4.4.35.4.3 5.4.3 Instandhaltungs-Planung und -Auswertung

Die Instandhaltungsplanung und die Auswertung der durchgeführten Instandhaltungsmassnahmen sollen über einen Datenrückfluss gekoppelt sein, um eine Optimierung der Planung zu ermöglichen. Dazu ist ein Rückfluss von Erfahrungen aus der Instandhaltung notwendig. Dabei sollen auch die Massnahmen zur Behandlung von Ereignissen einfließen, die ausserhalb des Instandhaltungsprogramms festgestellt wurden, z.B. durch den Visiteur oder Heissläuferortungsanlagen. Eine Instandhaltungsplanung kann nur dann effizient sein und die unter Abschnitt 5.25.2 definierten Ziele erreichen, wenn die Instandhaltungsintervalle und die notwendigen Tätigkeiten auf Basis der Betriebserfahrungen ständig überprüft werden.

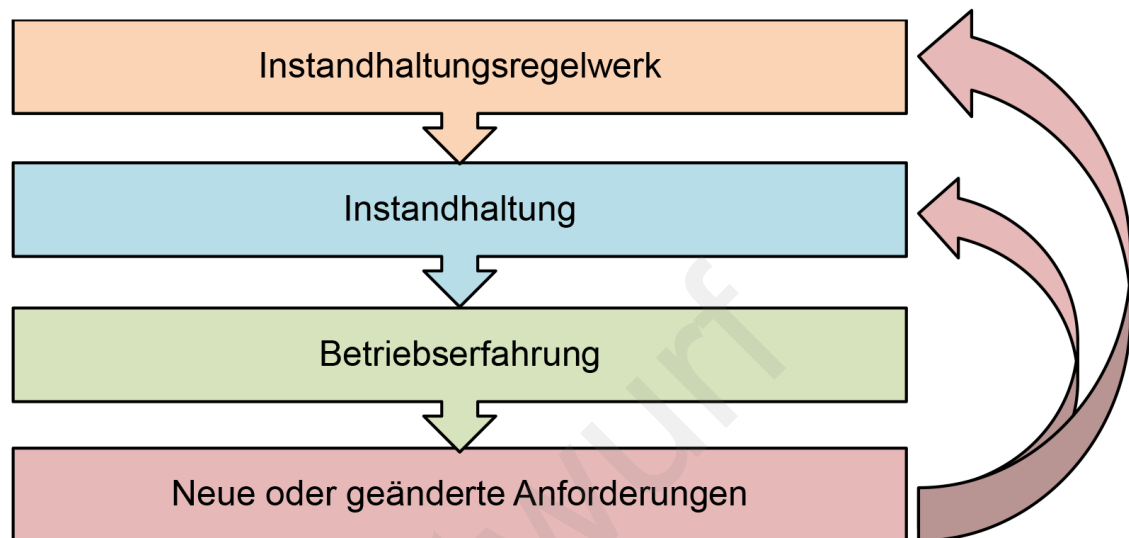


Abb. 5.4.3-1: Abbildung 5-2: Rückfluss der Betriebserfahrung

Entwurf

~~4.4.45.4.4~~ **5.4.4 Instandhaltungs-Durchführung**

Die Instandhaltung an Radsätzen kann durch Instandhaltungswerkstätten oder Fachwerkstätten ausgeführt werden. Dabei ist in der Qualifikation der Werkstätten zu unterscheiden zwischen

- **Inspektionsarbeiten (Instandhaltungs- und Fachwerkstätten):** visuelle Kontrollen am Radsatz, messen einzelner Masse und Entscheidung bezüglich der Verletzung von Betriebs-, Werks- oder Haltergrenzmassen, Dokumentation der ausgeführten Arbeiten und Rückmeldung an den Fahrzeughalter.
- **Instandsetzung (Fachwerkstätten):** aufarbeiten von Radsätzen je nach notwendiger Instandhaltungsstufe von Reprofilierung bis Neubeschreibung bzw. Neubereifung. (Dies ist nur in darauf spezialisierten Werkstätten möglich, diese sind durch den Fahrzeughalter zu zertifizieren.)

Die einzelnen Arbeitsschritte und die dazu notwendigen Vorgaben werden in Kapitel 99 und 1010 erläutert.

Sowohl Inspektions- wie auch Instandhaltungsarbeiten müssen nachvollziehbar dokumentiert werden und die relevanten Daten gemäss den Angaben in Kapitel 1111 angegeben und gemäss gesetzlichen Vorgaben archiviert werden.

56 6 Definition – Radsätze Normalspur

Radsatzbauarten werden für einen definierten Einsatzbereich (einzelner Fahrzeugtyp oder Fahrzeuggruppen) konstruiert und sind nicht beliebig untereinander austauschbar. Bei Fahrzeugumbau- oder Abänderungen ist die weitere Eignung der bisher verwendeten Radsatzbauart zu prüfen.

Bei Radsätzen für den möglichen Einsatz in lärmsanierten Fahrzeugen mit K-, L- oder LL-Bremssohlen ist zu berücksichtigen, dass nur für den Einsatz mit diesen Bremssohlenarten zugelassene Radsätze mit ~~Vollräder~~Vollrädern verwendet werden dürfen. Dies ist z.B. bei spannungsarmen Vollrädern (Kennzeichnung «sa») oder Vollrädern aus dem Material R7T, deren spezifische Eignung für diesen Einsatzfall nachgewiesen wurde, der Fall. Der Einsatz von bandagierten Radsätzen und Vollradmaterial BV2~~+/R2~~ ist verboten. Massgebend sind die Vorgaben der Bau- und Anwendungsrichtlinien V-BKS der UIC.

Bei der Neukonstruktion von Vollrädern für den Einsatz mit Bremssohlen ist das technische Zulassungsverfahren ~~nach SN EN 13979-1~~gemäss SN EN 13979-1 unter Berücksichtigung der besonderen Schweizer Verhältnisse gemäss Abschnitt 4.1 durchzuführen.

Die Instandhaltungsarbeiten haben sich grundsätzlich ~~nach~~gemäss den Vorgaben der AB-EBV, aktuell gültigen SN EN-Normen und UIC-Richtlinien sowie den geltenden Unterhaltsvorschriften des Lieferanten zu richten. Die Hierarchie der Vorgaben ist in der R RTE 11000 festgelegt. Wo keine Lieferantenvorschriften vorhanden sind, gelten die nachfolgenden Vorgaben.

Für Güterwagenradsätze, welche im internationalen Verkehr eingesetzt werden (z.B. Radsätze für TEN-RIV-Wagen), gelten die entsprechenden Vorgaben der TSI respektive der ERA~~+/COTIF~~ und des VPI.

5.16.1 6.1 Radsatzkomponenten

Ein Radsatz besteht je nach Bauart aus unterschiedlichen Komponenten, die alle in ihrer Gesamtheit zur korrekten Funktion des Radsatzes beitragen. Diese können grob in Funktionseinheiten gegliedert werden.

5.1.16.1.1 6.1.1 Radsatz

Grundsätzlich besteht ein Radsatz aus ~~folgendenden~~ Komponenten:

- Radsatzwelle
- Rad
- Radsatzlagerung
- Komponenten zum Bremssystem, bauartabhängig
- Komponenten zum Antriebssystem, bauartabhängig

5.26.2 6.2 Radsatz-Komponententypen

Die unten aufgeführten Komponententypen fallen unter den Geltungsbereich der R RTE 41000:

Radsatz

- Lauf- und Triebradsatz (Ausnahmen siehe Abschnitt ~~1.2.2~~ 1.2.2)

Radsatzwelle

- Vollwelle und Hohlwelle

Rad

- Vollrad
- Scheibenrad mit Radreifen
- Speichenrad mit Radreifen
- Radkörper mit und ohne Schallabsorber
- Radkörper mit und ohne Radbremsscheibe
- Radkörper mit gummigefedertem Radreifen

Radsatzlagerung

- Aussenlagerung, Innenlagerung
- Lager mit Radsatzlagergehäuse

Lagerart

- Wälzlager, ~~TBU Radsatzlagereinheit~~

Komponenten zum Bremssystem

- Radbremsscheibe, Wellenbremsscheibe
- Impulsgeber für Gleitschutz

Komponenten zum Antriebssystem

- Zahnrad, Getriebe und Tatzlagerung (oder auch nur Bestandteile davon, welche je nach Fahrzeug und Instandhaltungsstufe der Radsätze nicht demontiert werden müssen).~~.)~~
- Impulsgeber für Schleuderschutz und Geschwindigkeitserfassung.

Komponenten zur Erdung

- Kontaktscheiben für Erdbürsten, direkt auf der Radsatzwelle oder der Radscheibe montiert.
- Erdbürsten zur stirnseitigen Montage an der Radsatzwelle.

5.2.16.2.1 6.2.1 Radsatzwelle

Die Seite der Radsatzwelle mit der vollständig gestempelten Stirnseite wird als Seite A oder linke Seite bezeichnet, die entgegengesetzte Seite als Seite B oder rechte Seite. Diese Definition gilt auch für einen komplett montierten Radsatz.

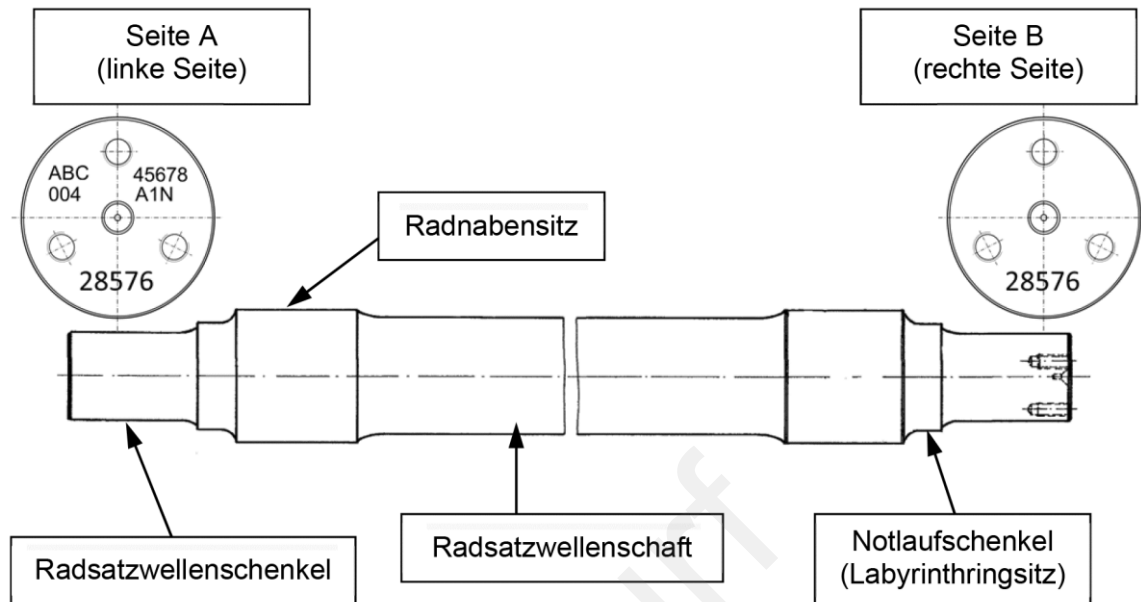


Abb. 6.2.1-1: Abbildung 6-1: Laufradsatzwelle (Beispiel: Vollwelle)-)

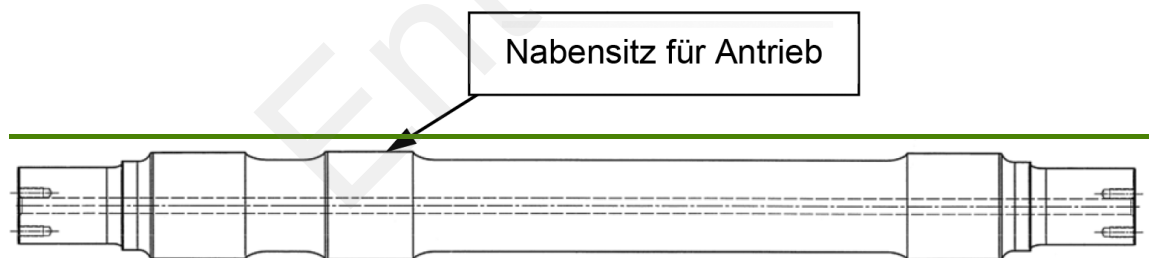


Abb. 6.2.1-2: 6.2.1-2:

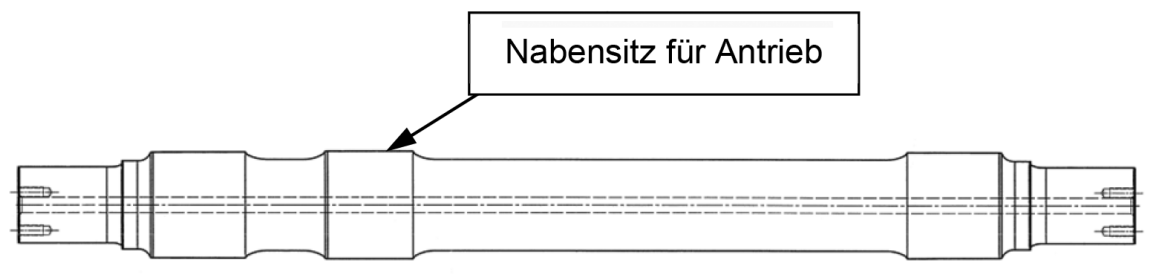


Abbildung 6-2: Triebradsatzwelle als Hohlwelle-

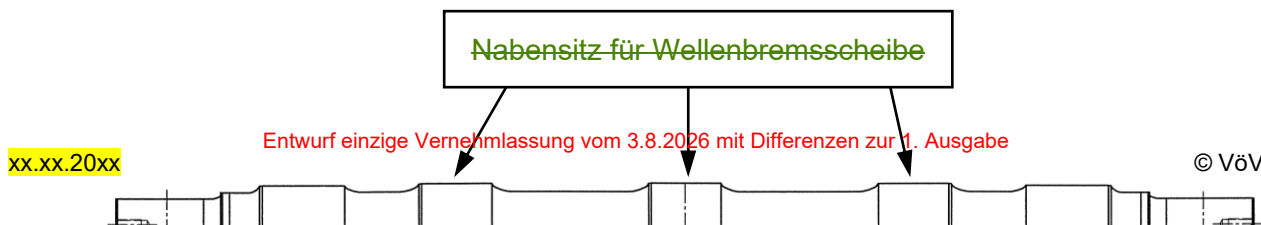


Abb.

6.2.1-3:

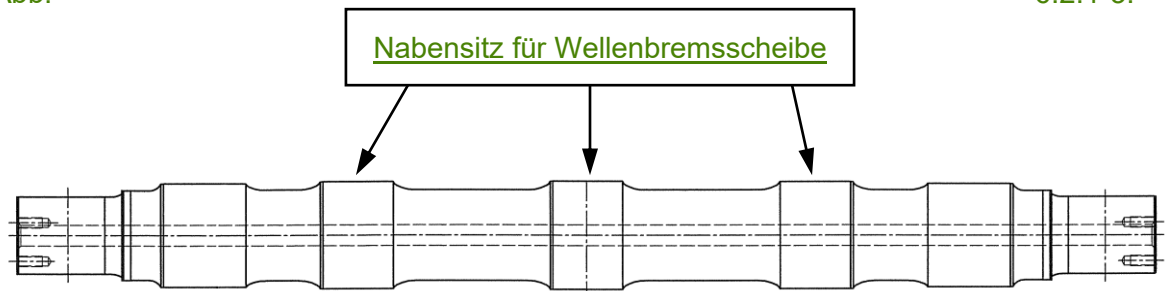


Abbildung 6_3: Laufradsatzwelle als Hohlwelle mit Wellenbremsscheibensitzen

Entwurf

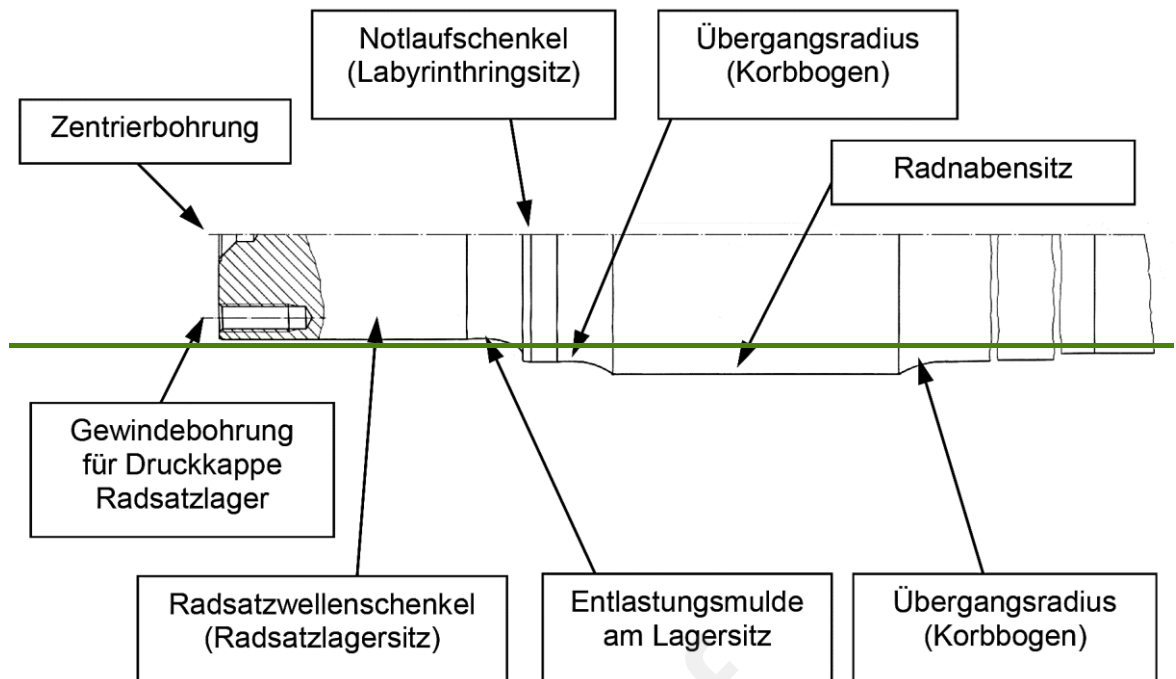


Abb.

6.2.1-4:

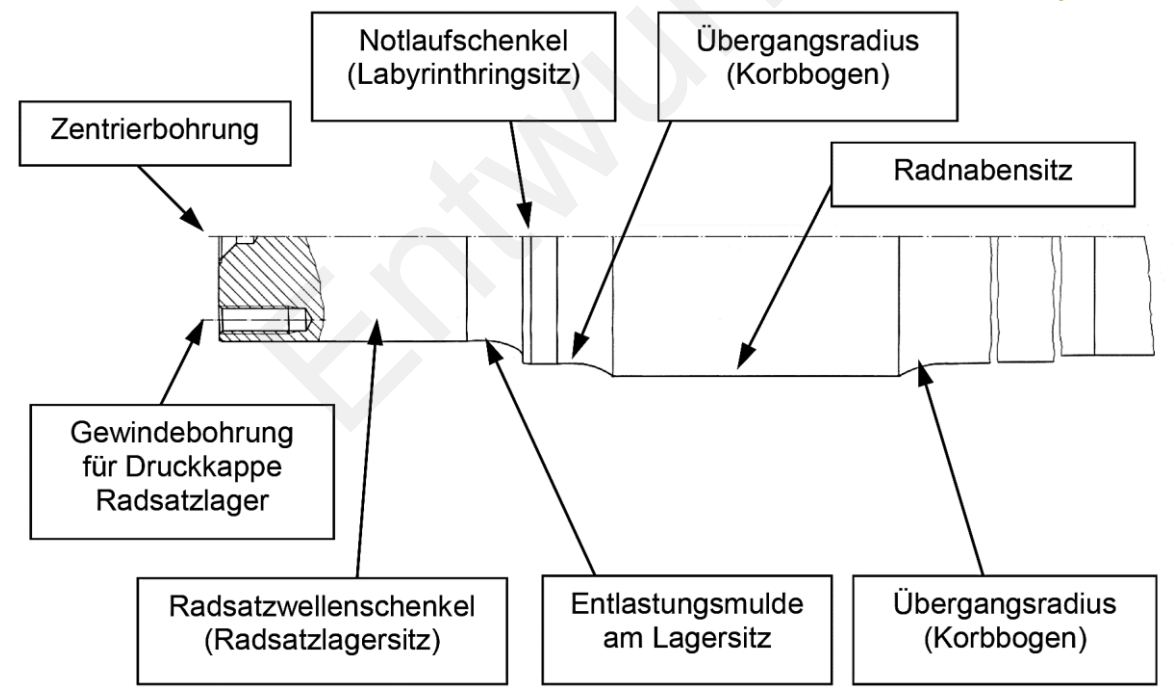


Abbildung 6-4: Detail Radsatzwelle Lager- und Radscheibensitz-

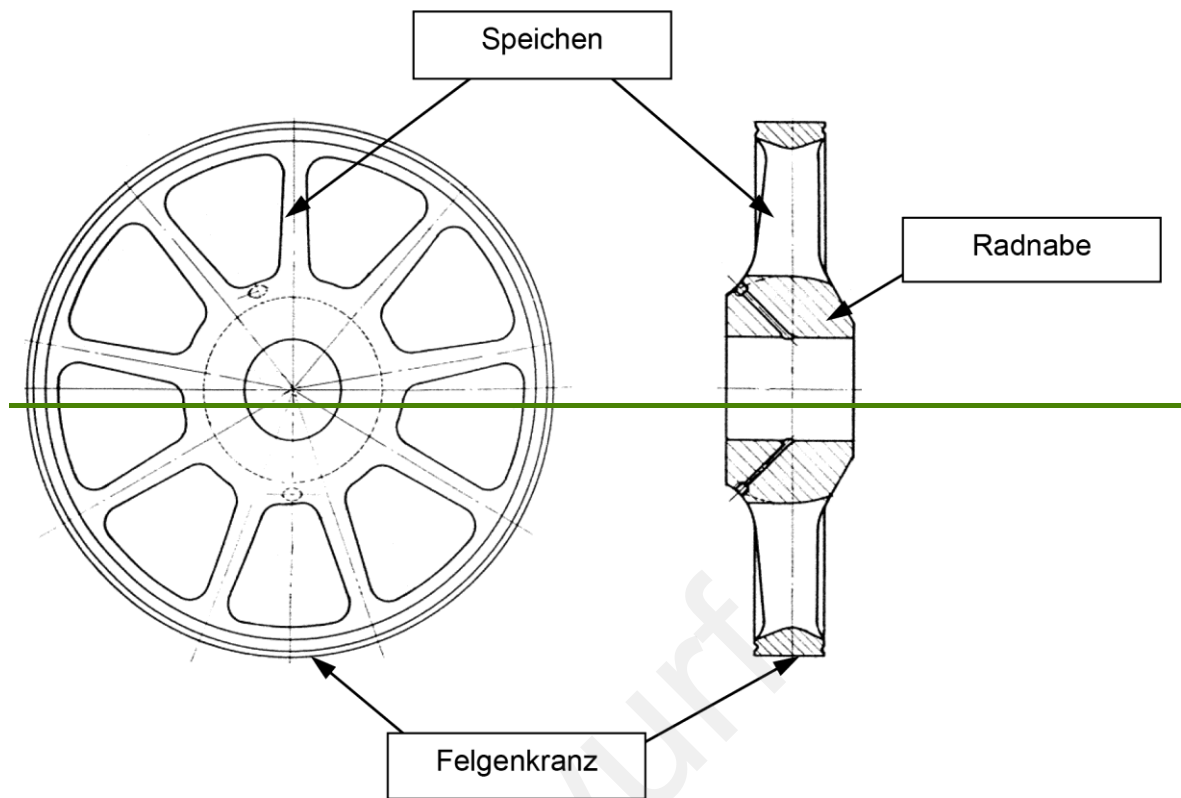
5.2.26.2.2 6.2.2 Rad

Abb.

6.2.2-1:

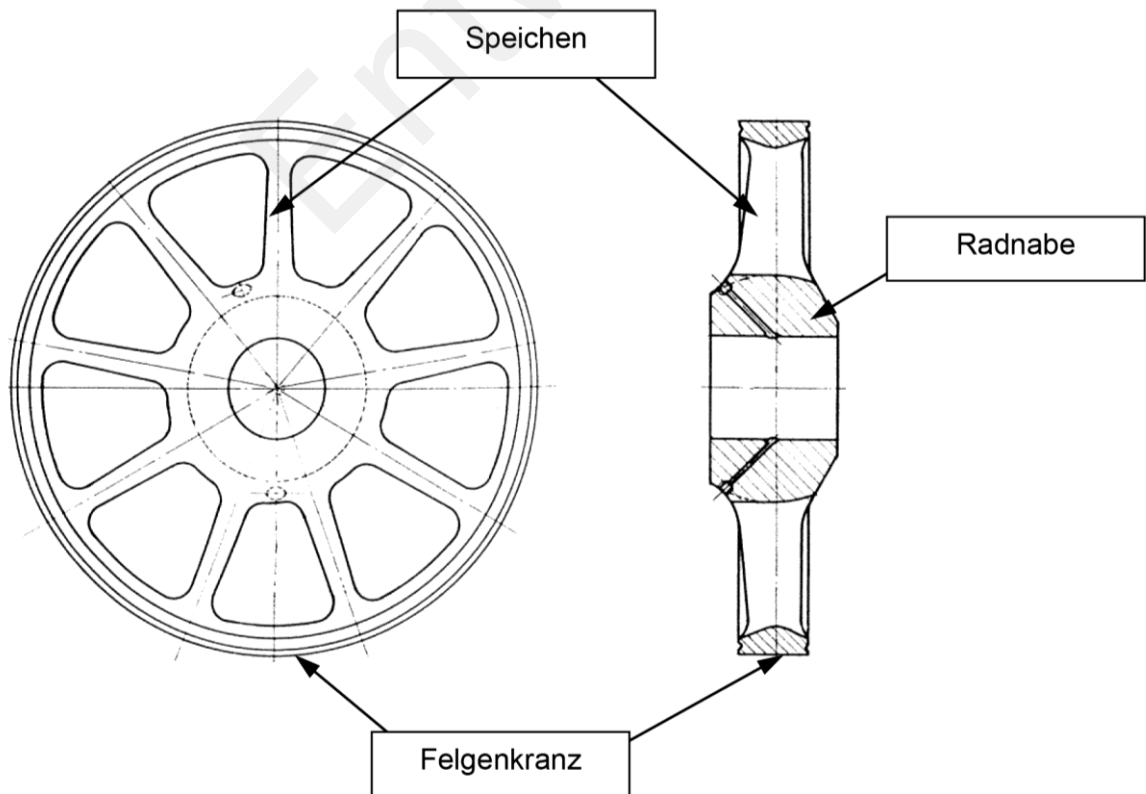


Abbildung 6-5: Radkörper, Speichenrad

Entwurf

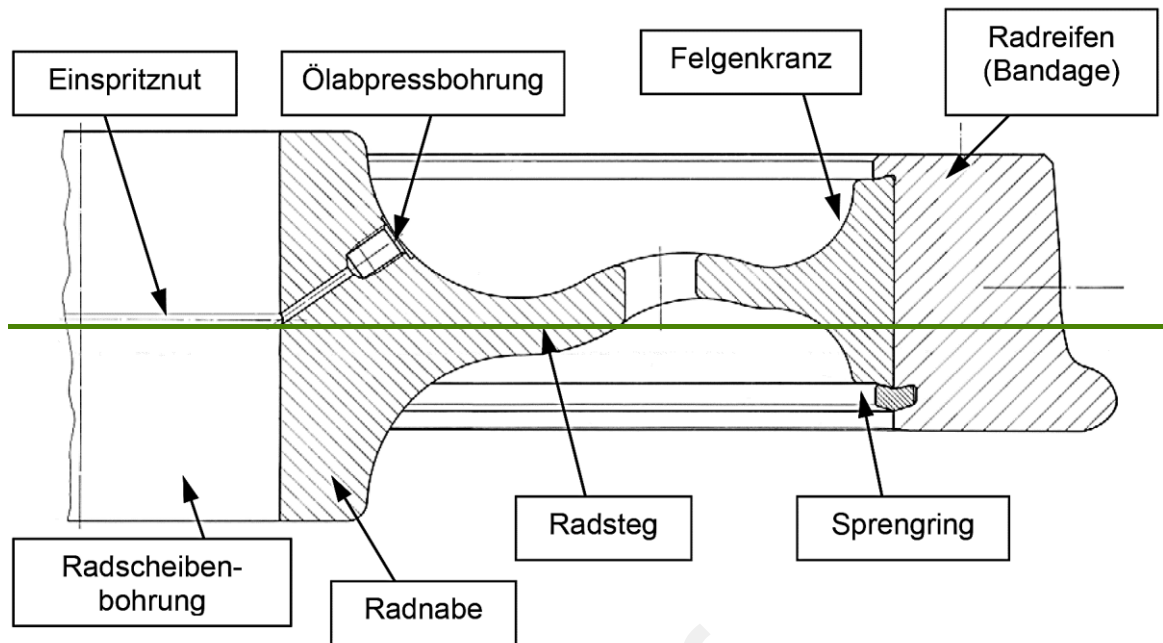


Abb.

6.2.2 2:

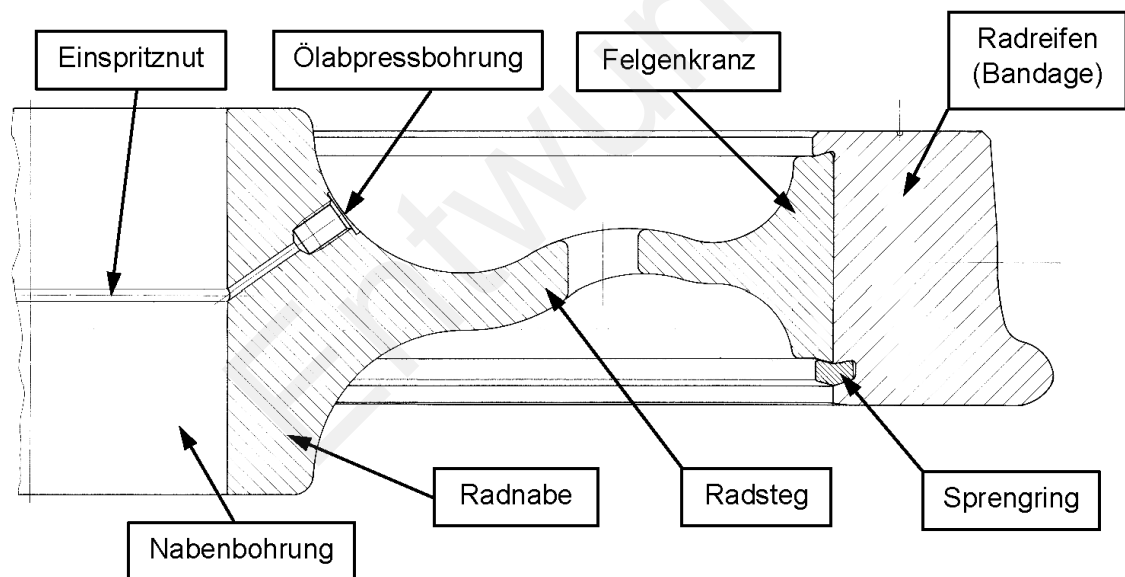


Abbildung 6-6: Bereiftes Rad mit Radkörper ohne Speichen-

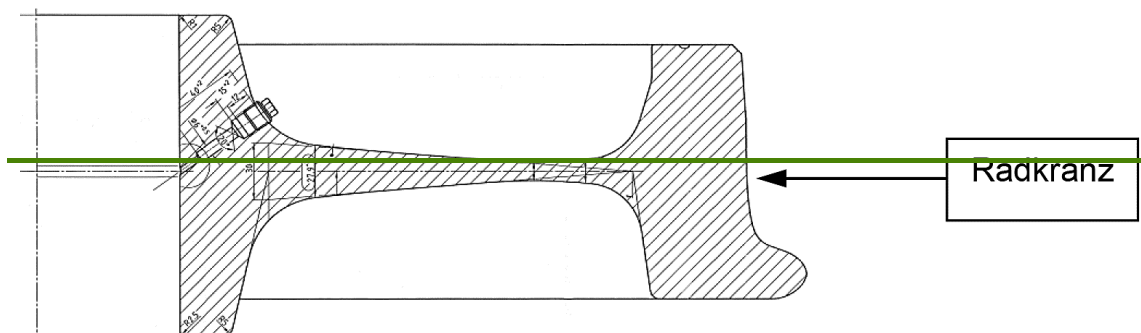


Abb.

6.2.2-3:

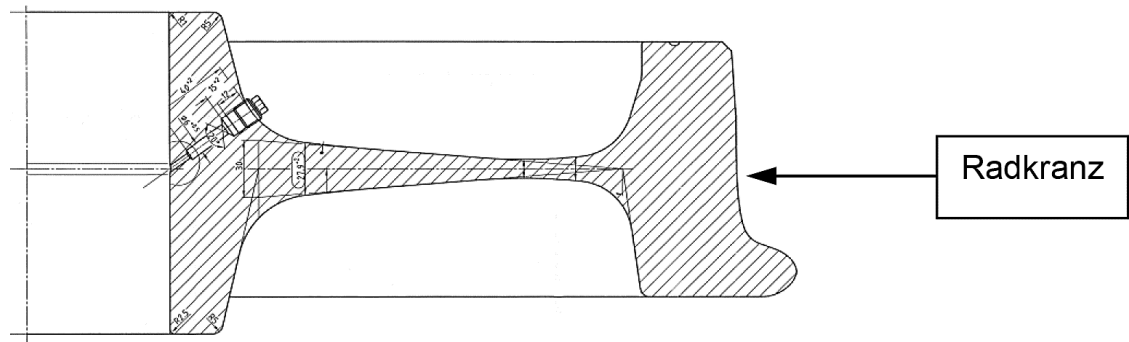


Abbildung 6-7: Vollrad mit geradem Radsteg-

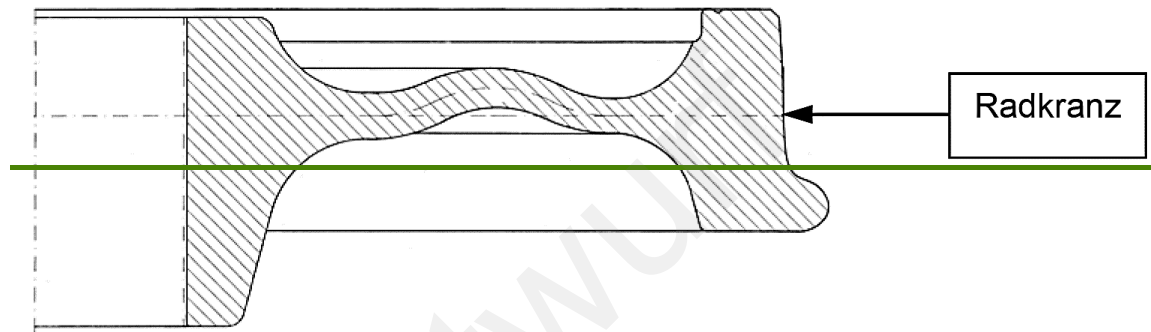


Abb.

6.2.2-4:

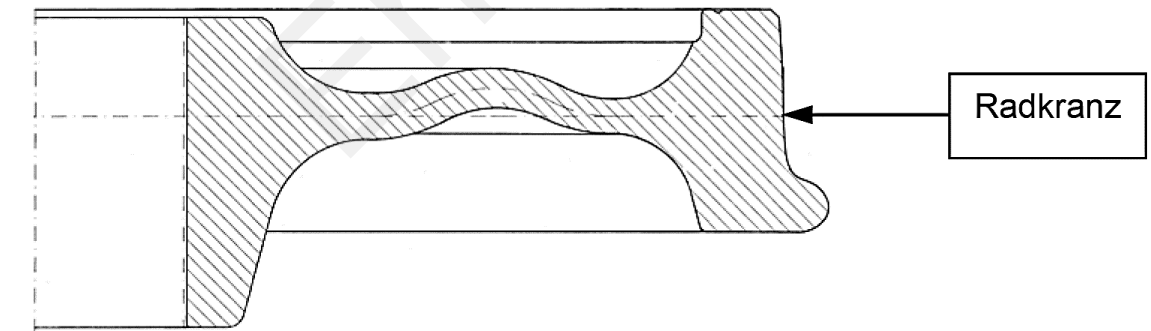


Abbildung 6-8: Vollrad mit gewölbtem Radsteg

Entwurf

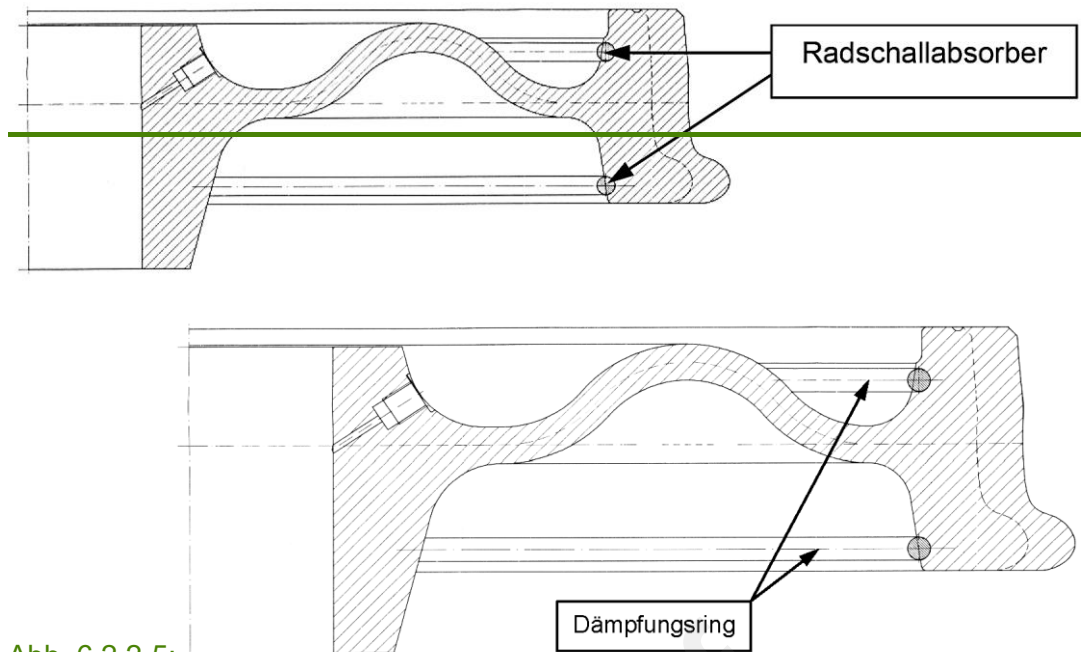


Abb. 6.2.2-5:

Abbildung 6-9: Spannungsarmes Vollrad mit Dämpfungsringen zur Geräuschminimierung. Schwingungsminimierung

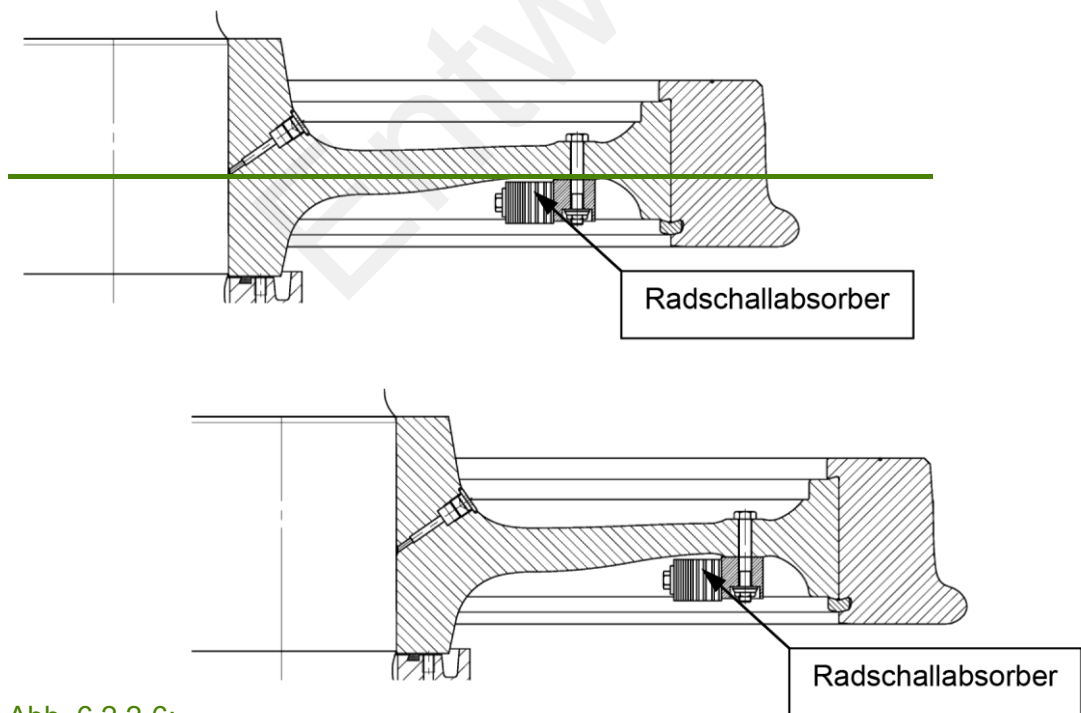


Abb. 6.2.2-6:

Abbildung 6-10: Bereiftes Rad mit Radschallabsorber. Radschallabsorbern

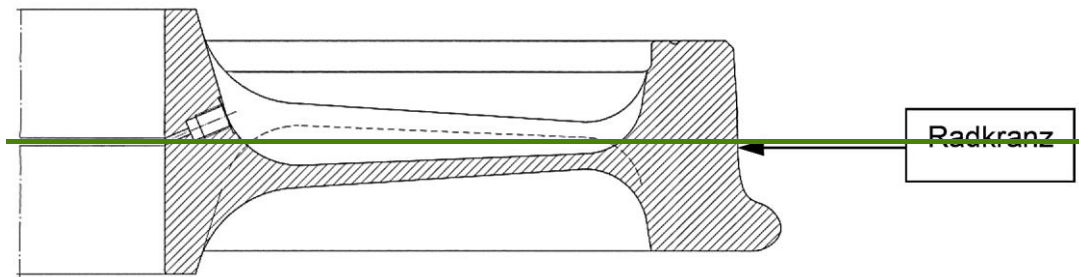


Abb.

6.2.2.7:

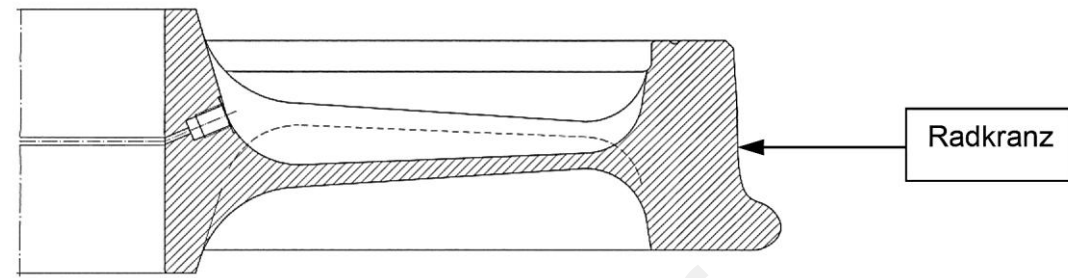


Abbildung 6-11: Vollrad mit tangential gewellter Radscheibe.

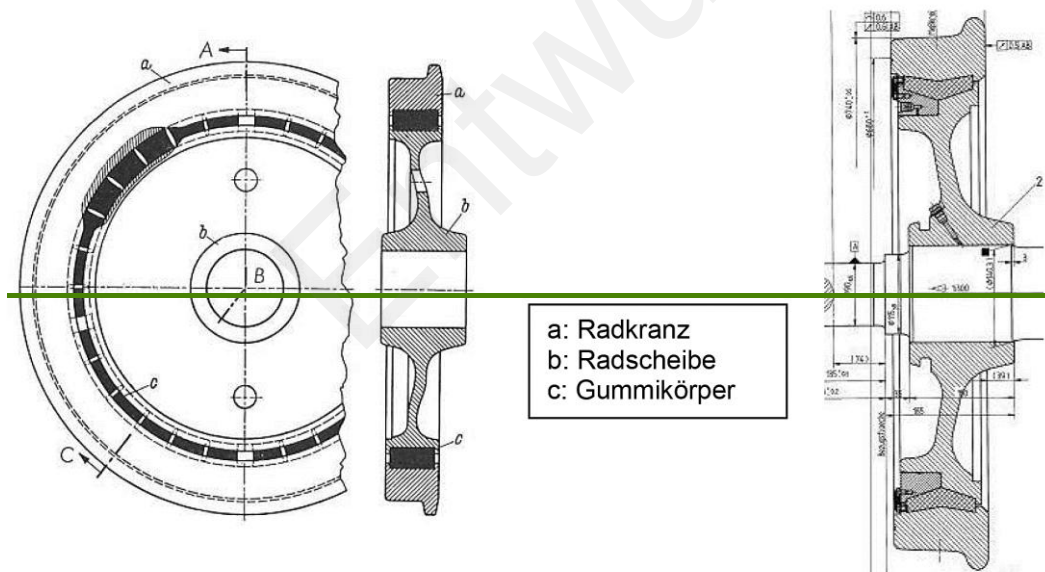


Abb. 6.2.2-8: Gummigefedertes Rad

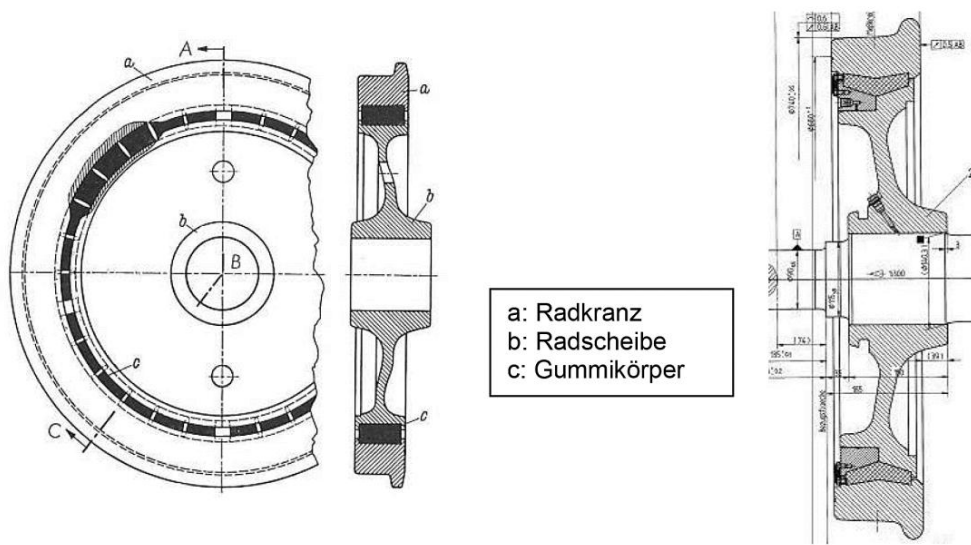


Abbildung 6-12: Gummigefederte Räder, Gummibeanspruchung auf Druck-

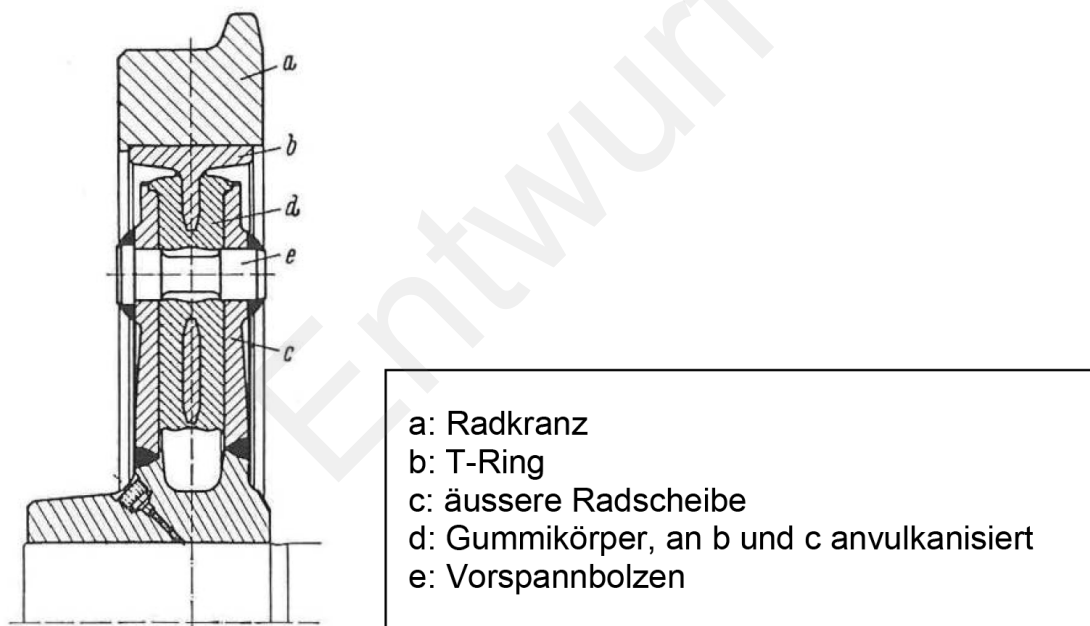


Abb. 6.2.2-9: Abbildung 6-13: Gummigefedertes Rad, Gummibeanspruchung auf Schub

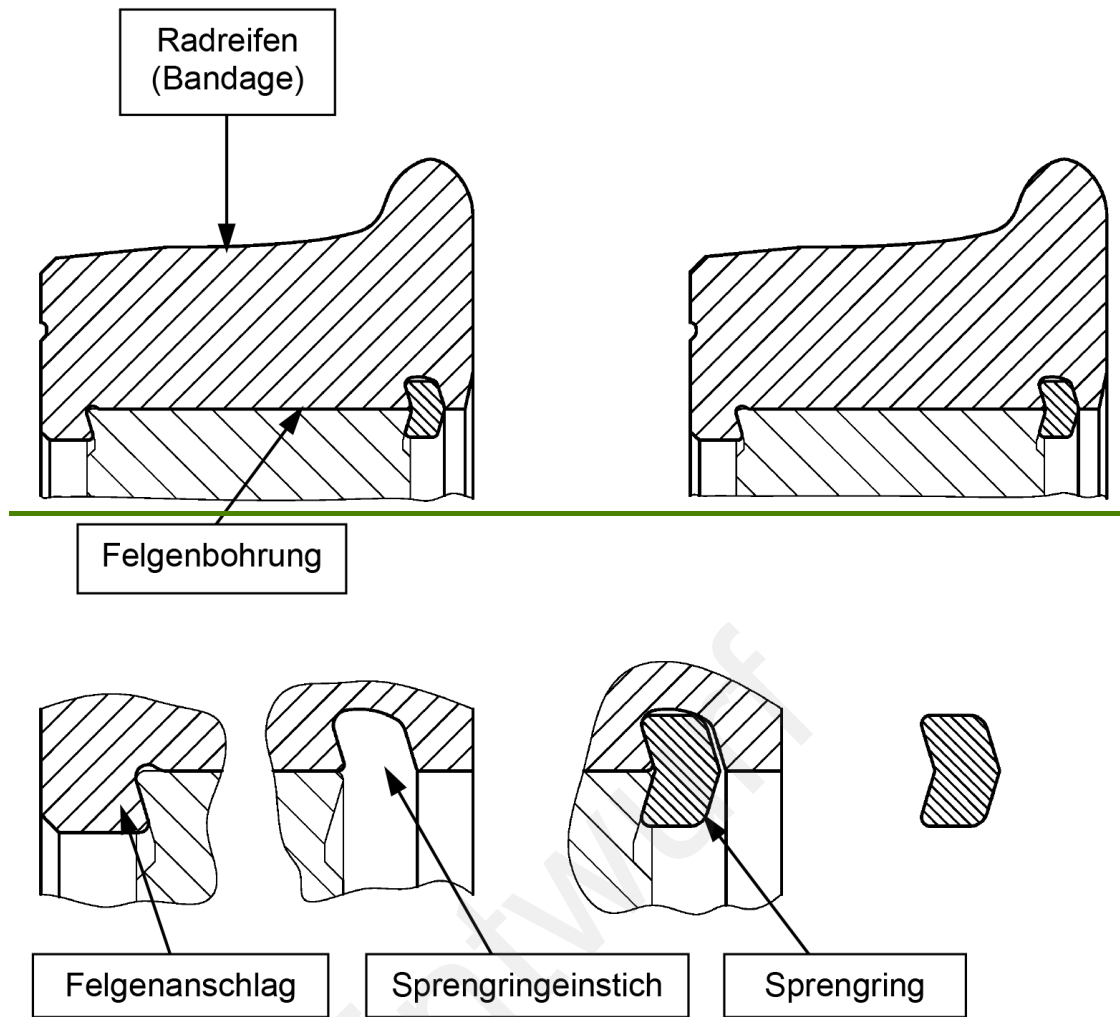


Abb.

6.2.2-10:

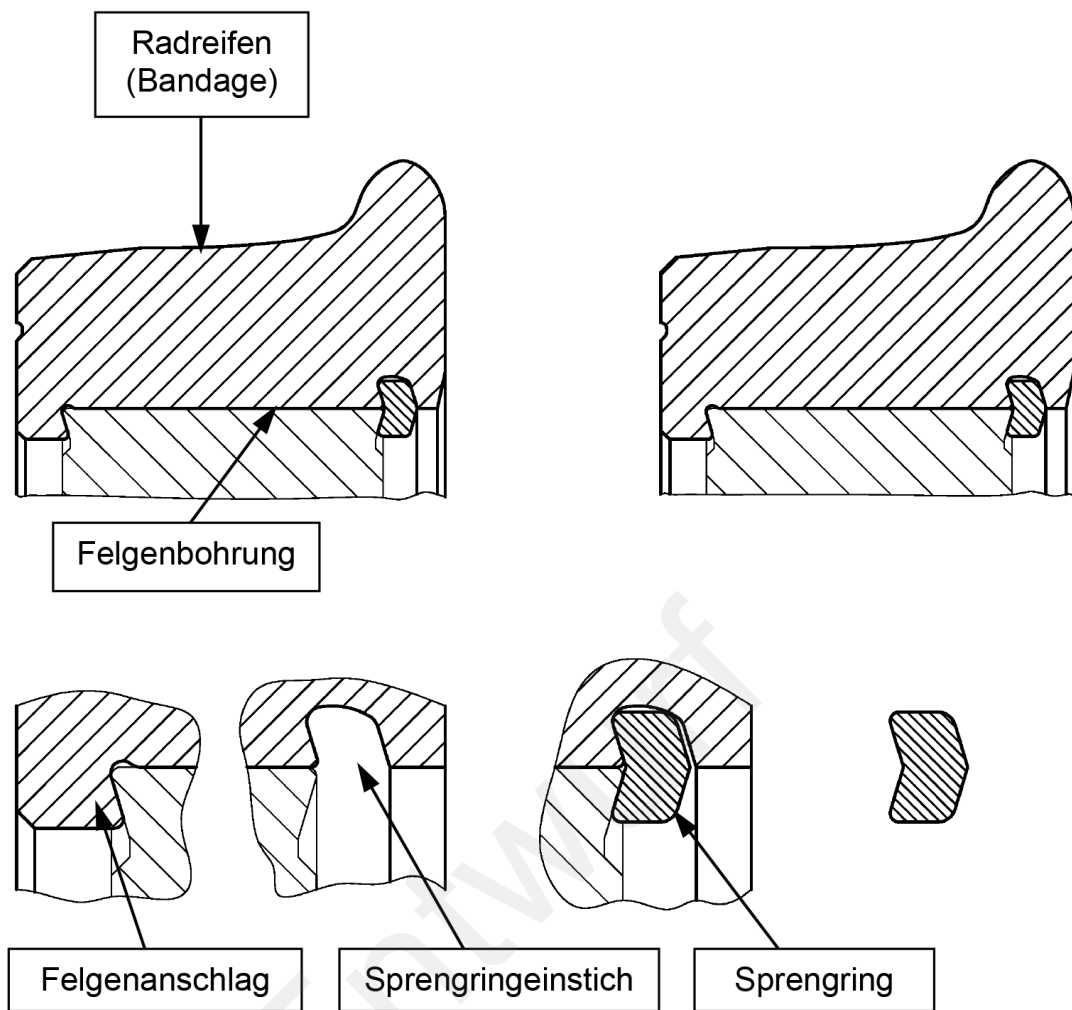


Abbildung 6-14: Radreifen und Sprengringprofil-

5.2.36.2.3 6.2.3 Radsatzlagerung // Radsatzlager

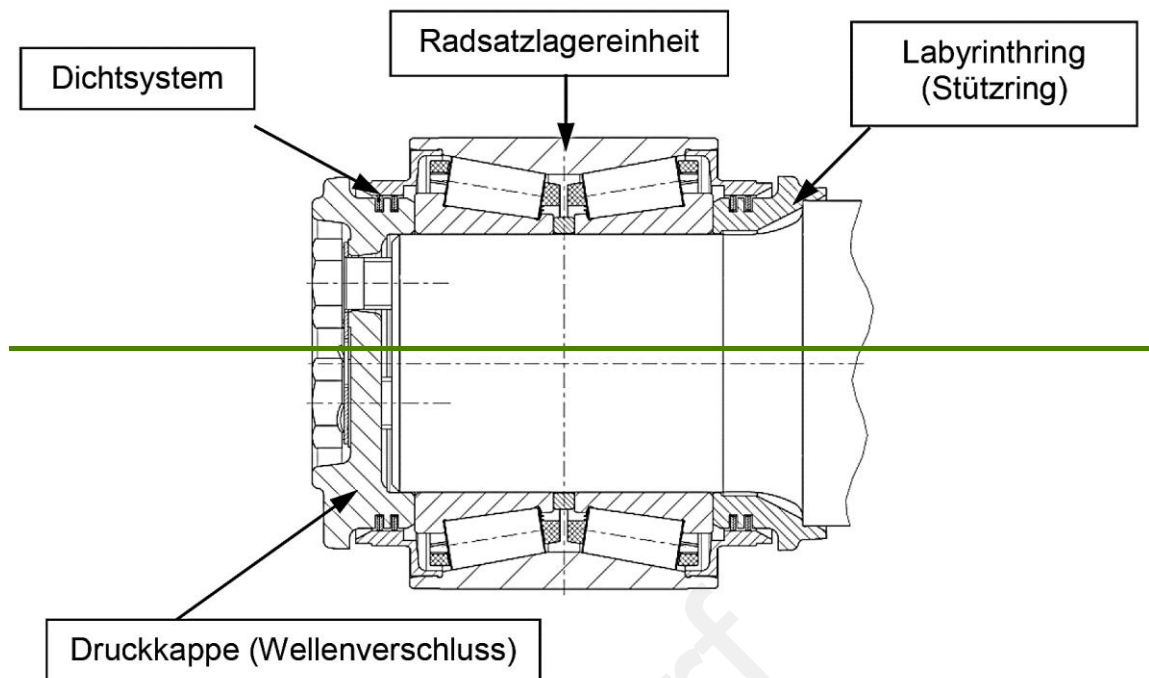


Abb. 6.2.3-1:

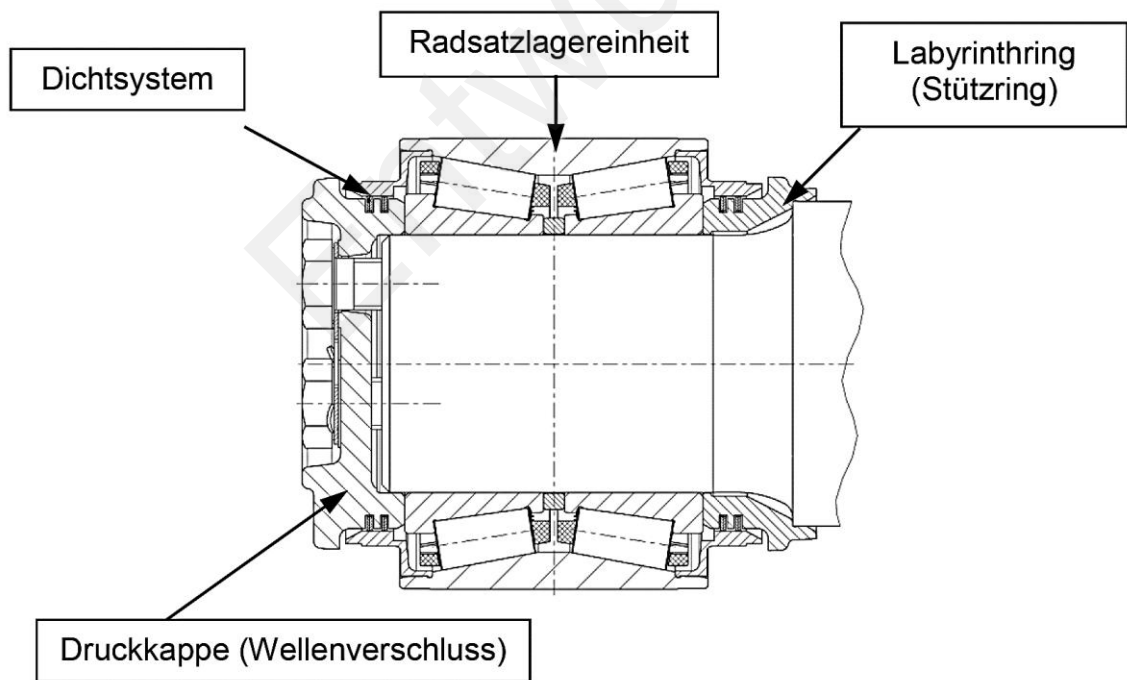


Abbildung 6-15: Kartuschenlager (auch: Tarol-Lager), Einsatz bei allen moderneren Fahrzeugen.

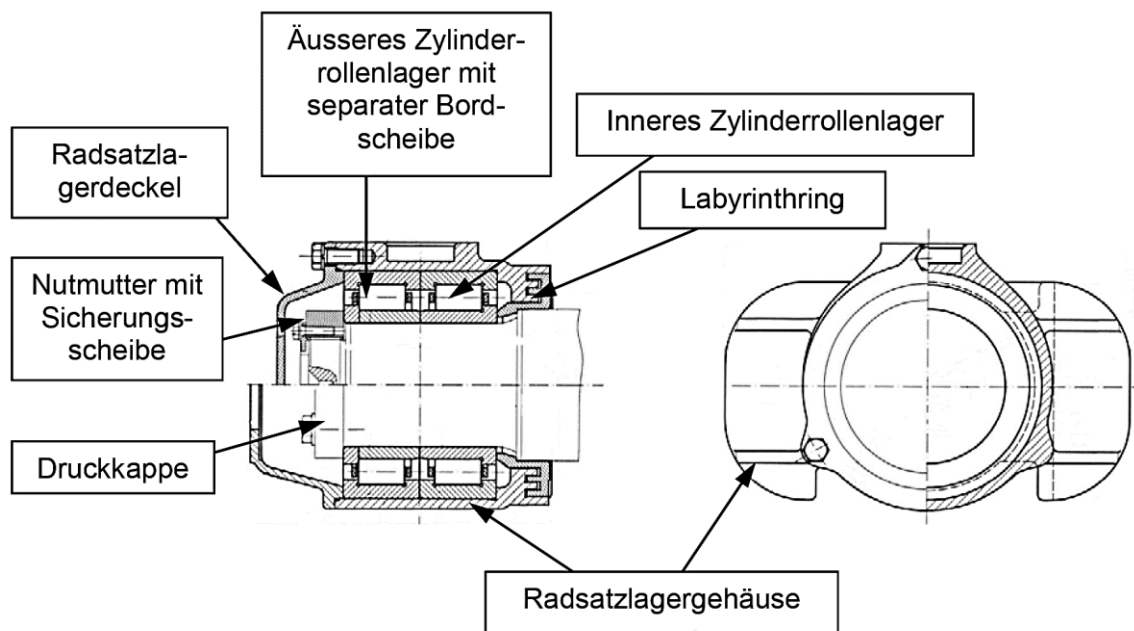


Abb. 6.2.3-2: Abbildung 6_16: Standard-Zylinderrollenlager für Güterwagen

Entwurf

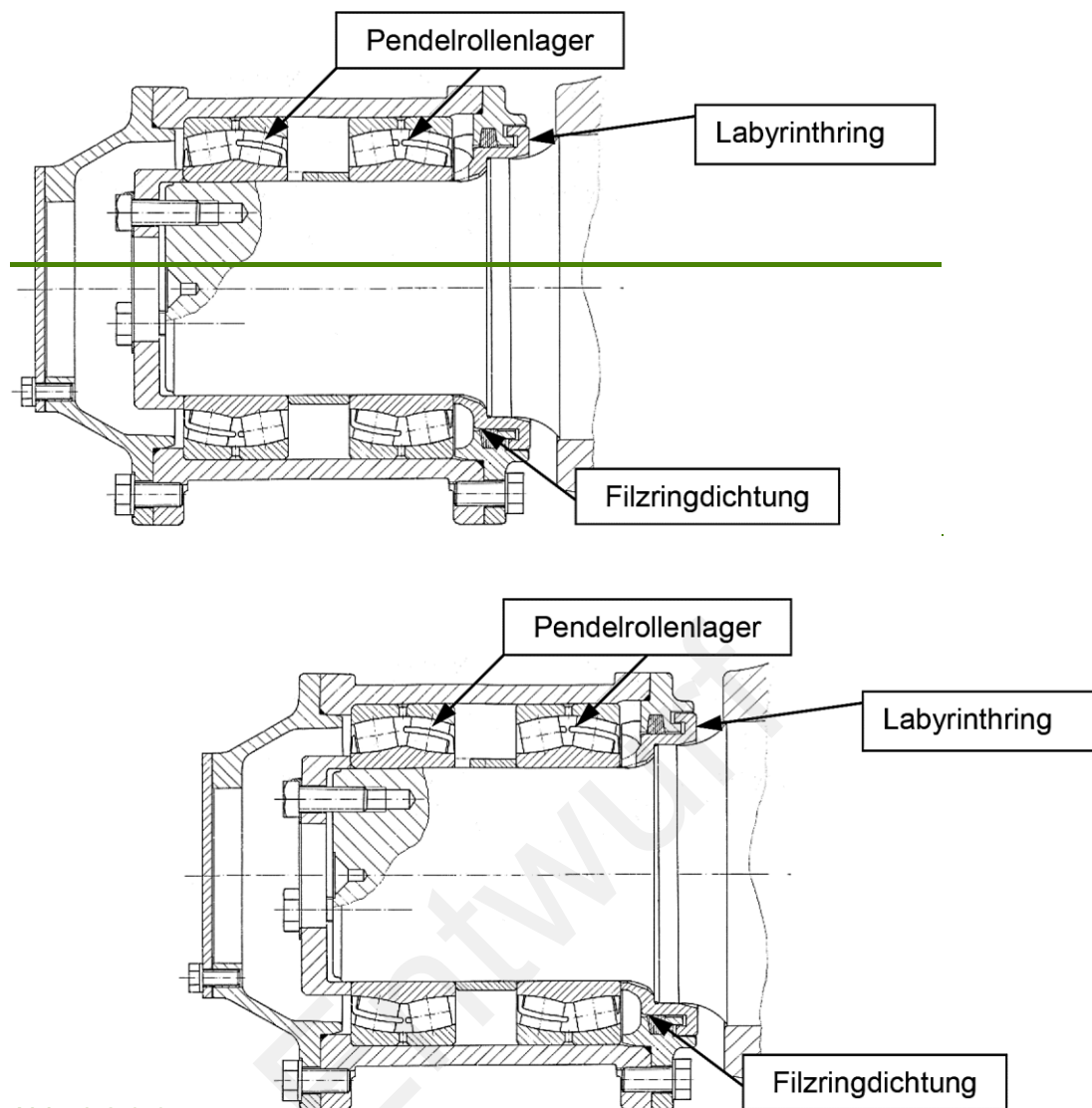


Abb. 6.2.3-3:

Abbildung 6-17: Radsatzlagerung mit Pendelrollenlager, ältere Bauart.

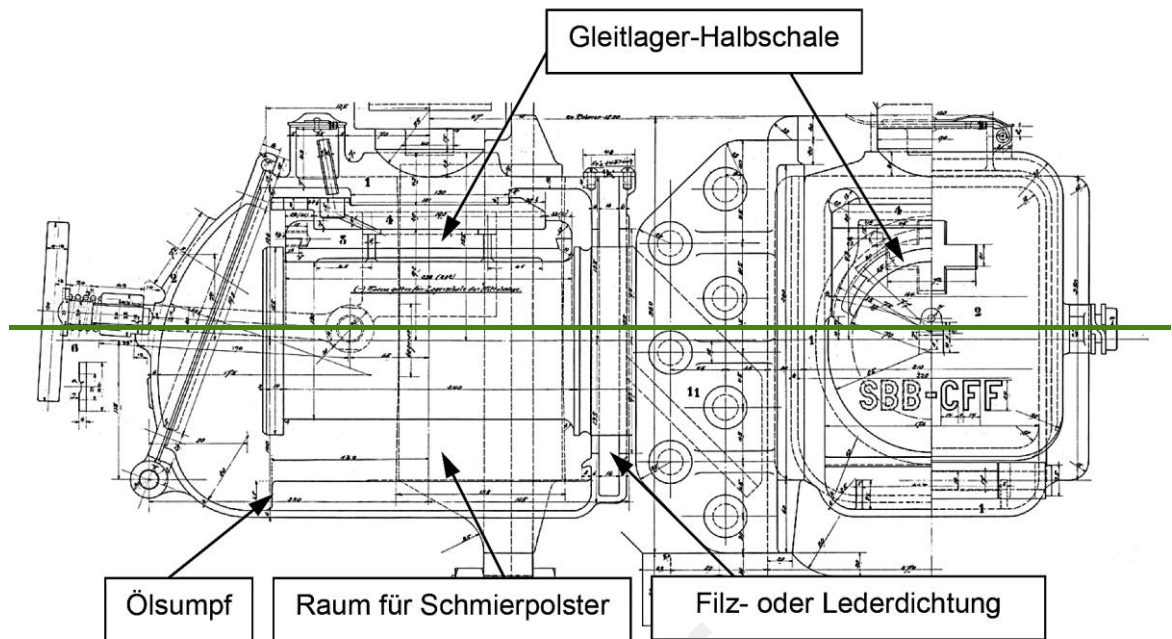


Abb.

6.2.3.4:

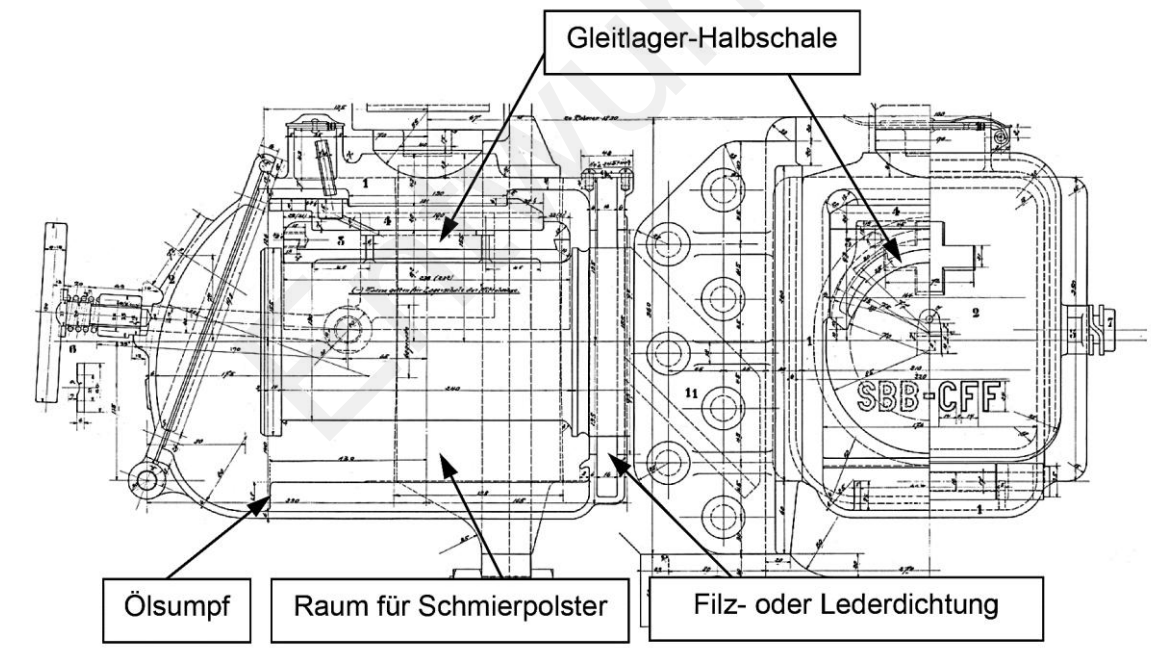


Abbildung 6-18: Radsatz-Gleitlager; Einsatz nur bei historischen Fahrzeugen

Entwurf

5.2.46.2.4 6.2.4 Komponenten zu Bremssystem

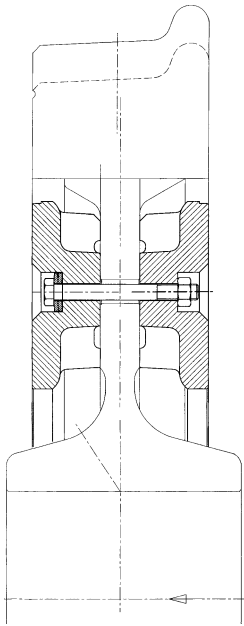


Abb. 6.2.4-1: Abbildung 6-19:
Radbremsscheibe

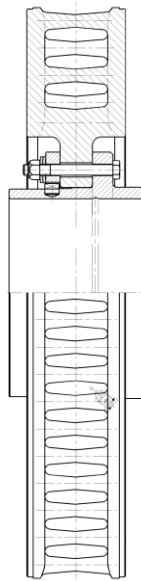


Abb. 6.2.4-2: Abbildung 6-20:
Wellenbremsscheibe (zweitellig)

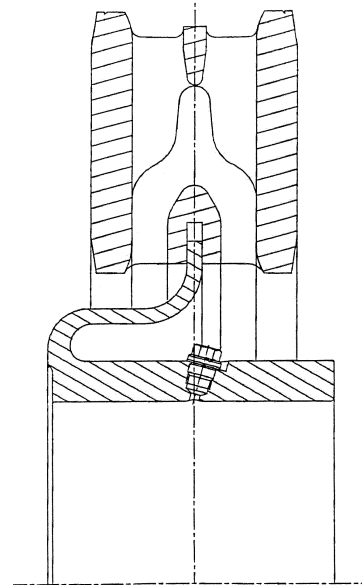
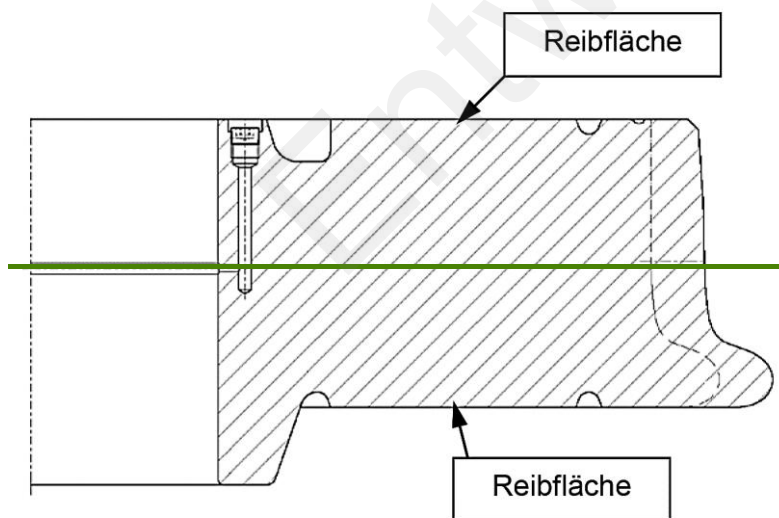


Abb. 6.2.4-3: Abbildung 6-21:
Wellenbremsscheibe (einteilig)



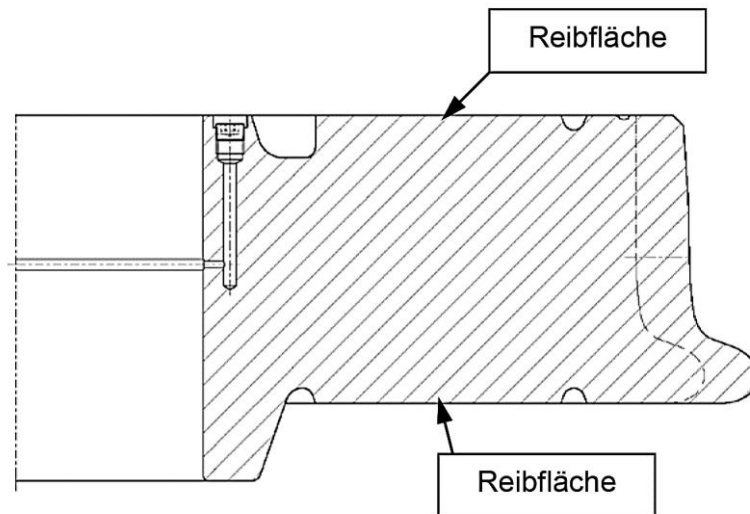


Abb. 6.2.4-4:

Abbildung 6-22: Vollrad mit integrierter Bremsfläche als Radbremsscheibe

Entwurf

5.2.56.2.5 6.2.5 Komponenten zu Antriebseinheit

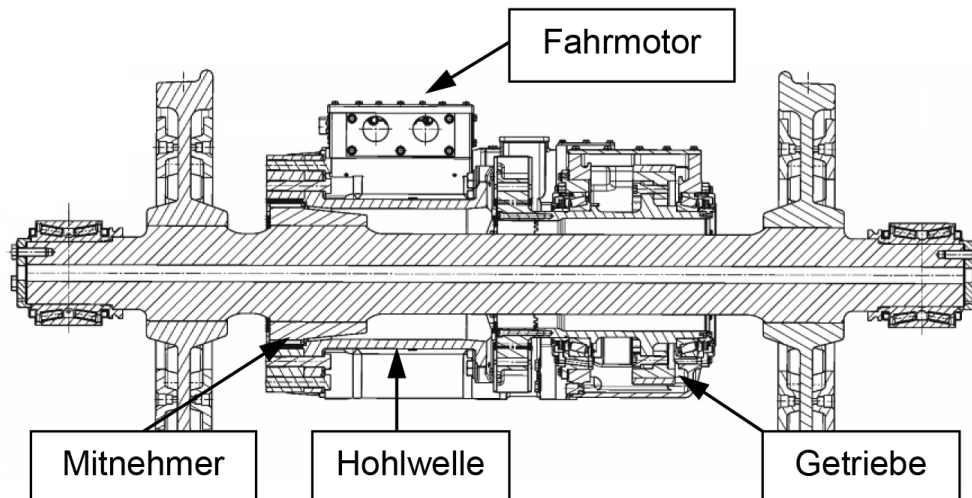


Abb. 6.2.5-1: Abbildung 6-23: Triebbradsatz mit aufgespresstem Mitnehmer zu Hohlwellenantrieb.

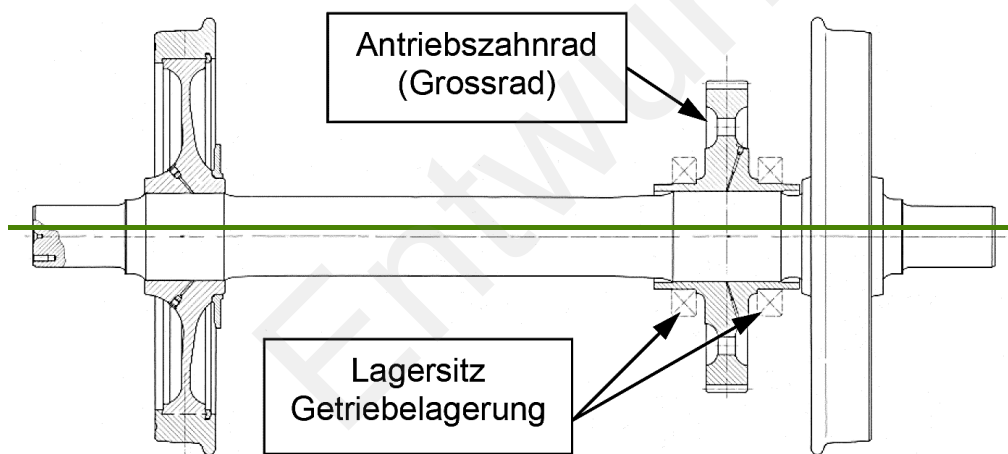


Abb. 6.2.5-2:

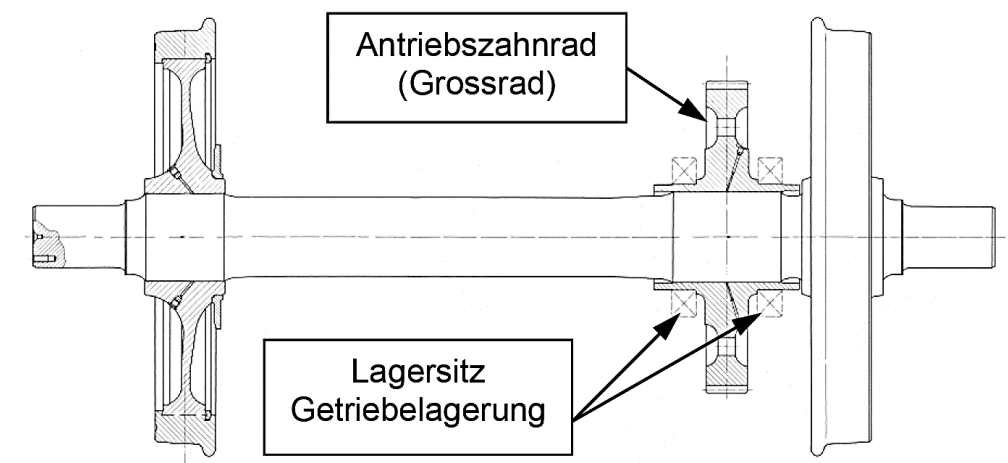


Abbildung 6-24: Triebbradsatz mit aufgespresstem Antriebszahnrad.

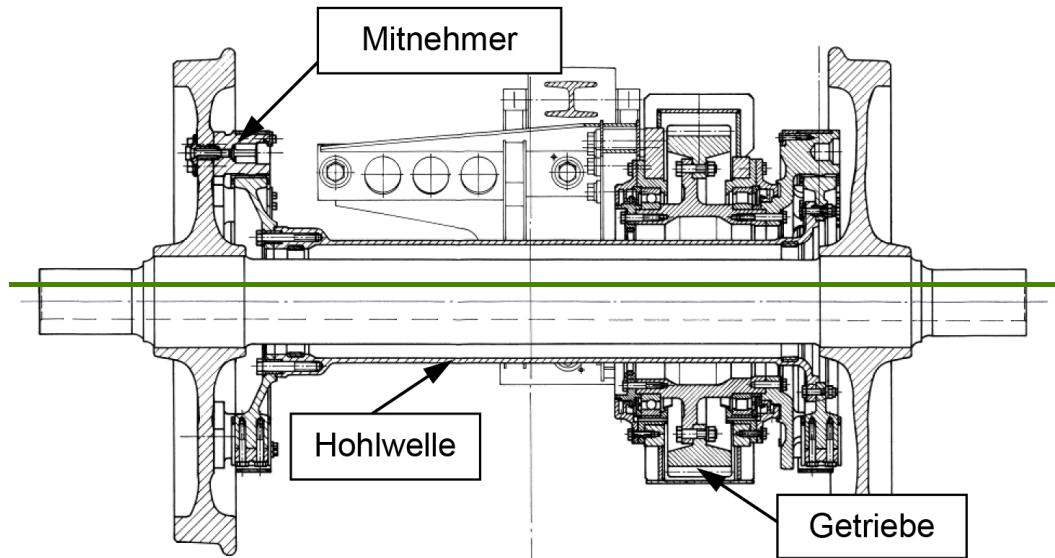


Abb.

6.2.5-3:

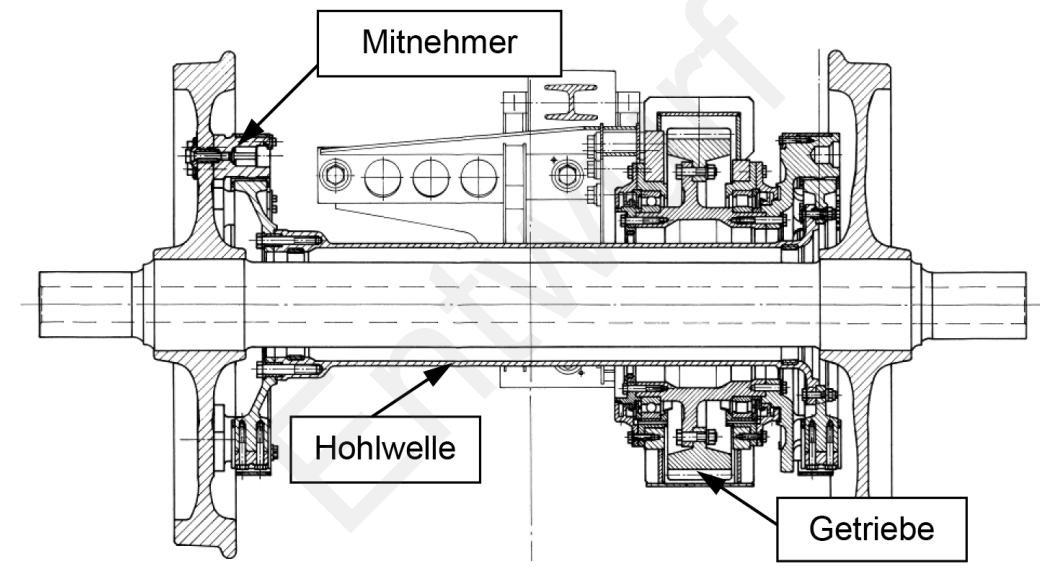


Abbildung 6-25: Triebbradsatz mit Hohlwellenantrieb direkt auf die Radscheibe.

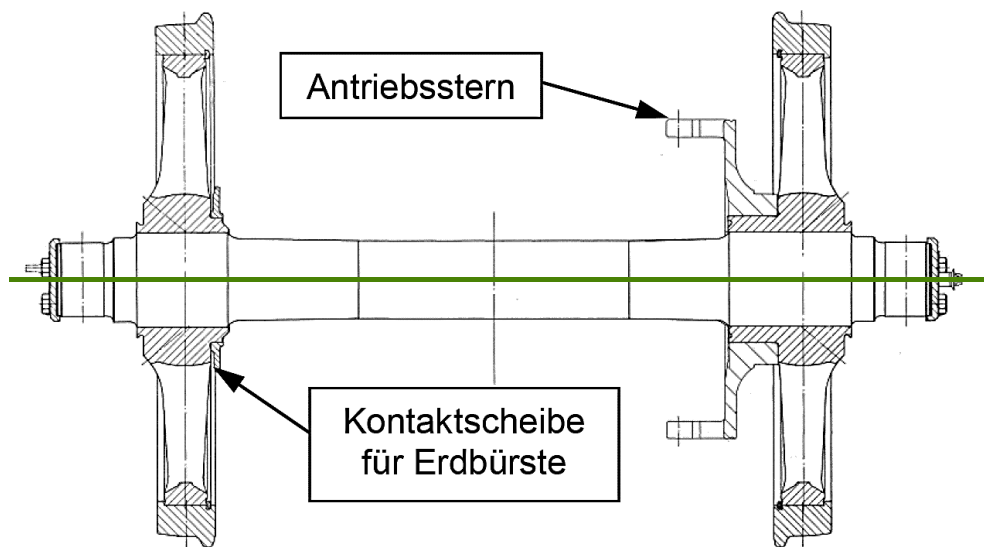


Abb.

6.2.5-4:

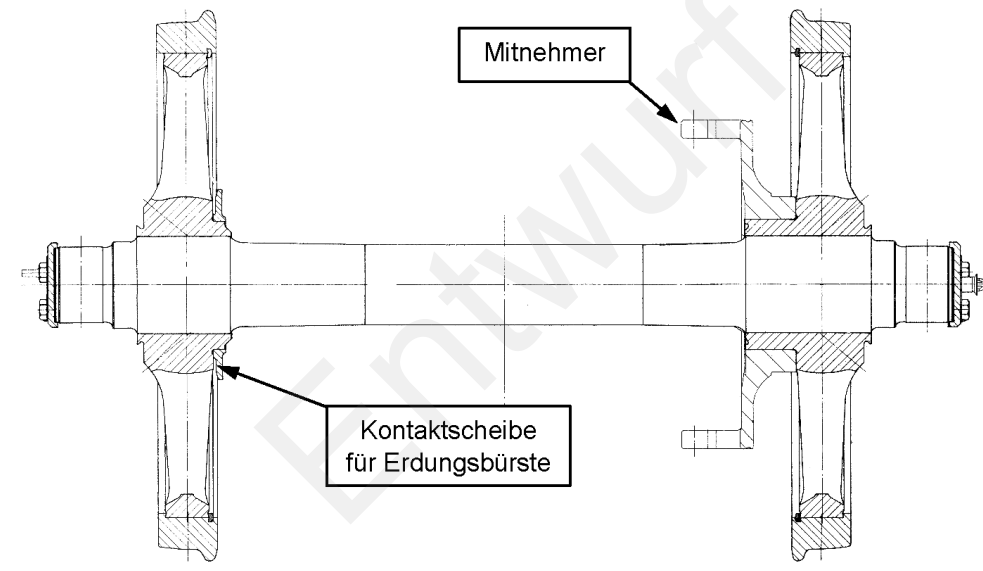


Abbildung 6-26: Triebradsatz mit Mitnehmer auf der Radscheibe dem Speichenradkörper und Kontaktscheibe für Erdbürste-Erdbürste

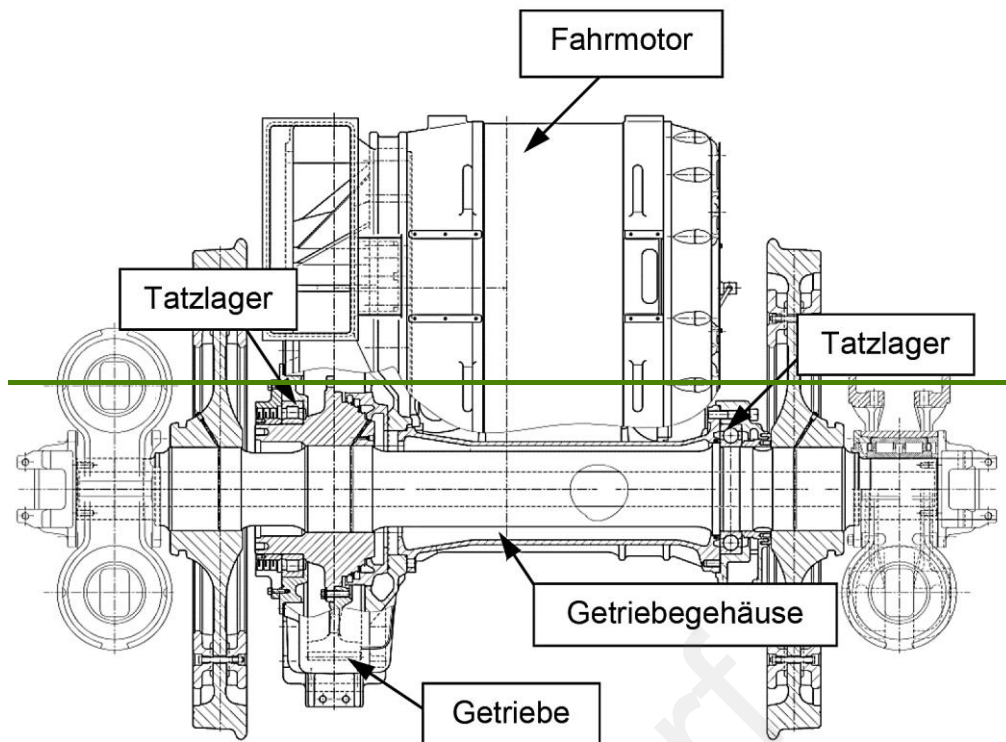


Abb.

6.2.5-5:

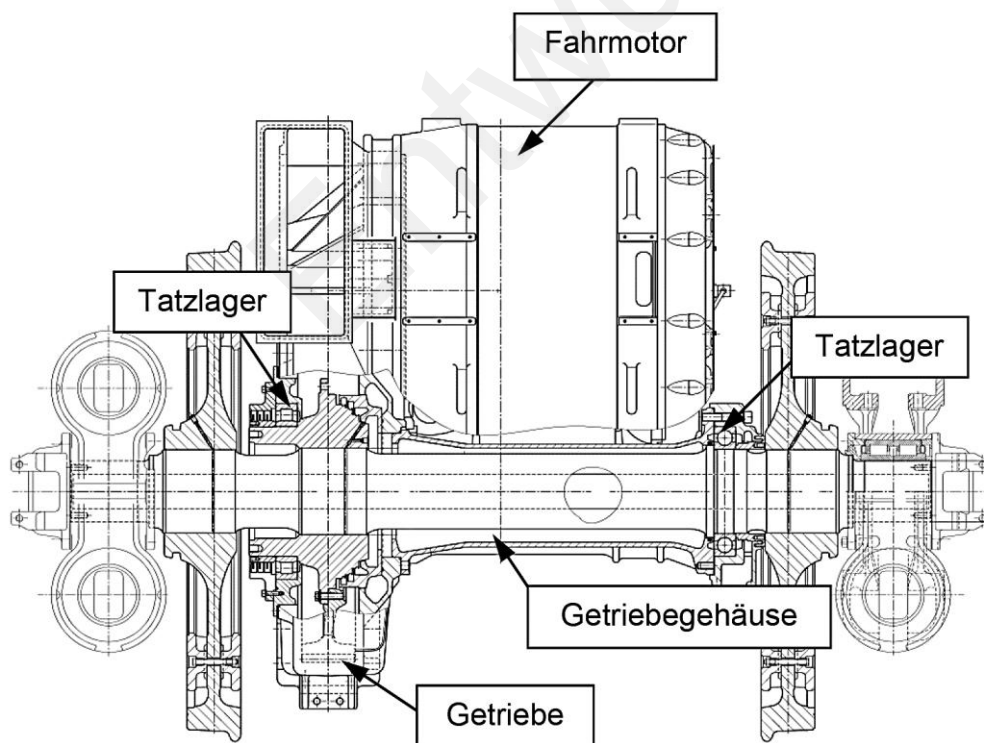


Abbildung 6-27: Triebradsatz mit Getriebe und Fahrmotor in Tatzlageranordnung (ungefederte Lagerung auf dem Radsatz)-)

Entwurf

5.2.66.2.6 6.2.6 Komponenten zur Erdung

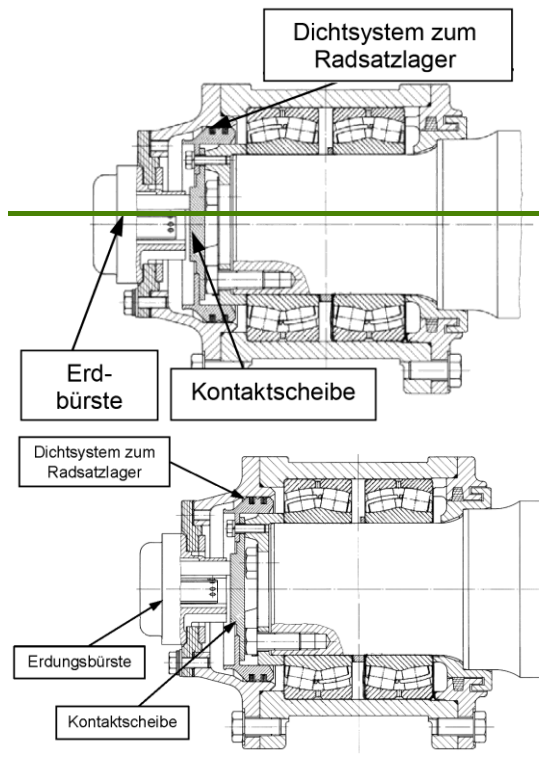


Abb. 6.2.6-1: Abbildung 6-28:

Rollenachslager mit Erdbürste
(Erdungsbürste (Typ Ferraz)).

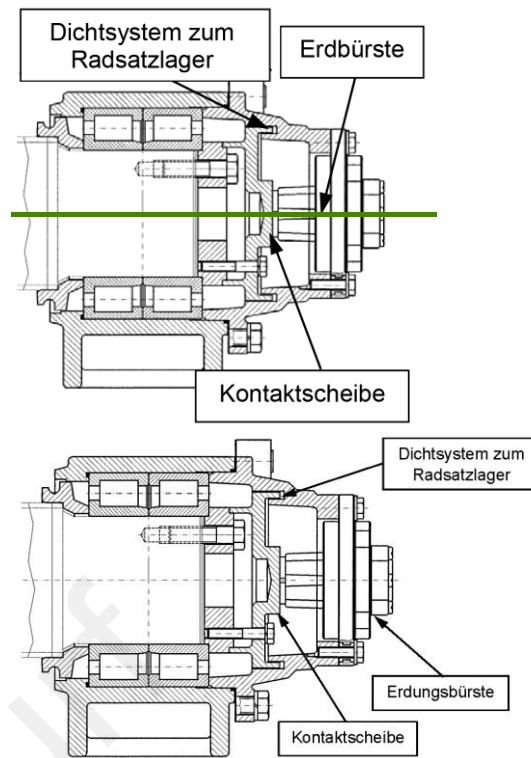


Abb. 6.2.6-2: Abbildung 6-29: Rollenachslager mit Erdbürste (Erdungsbürste (Typ Tibram)).

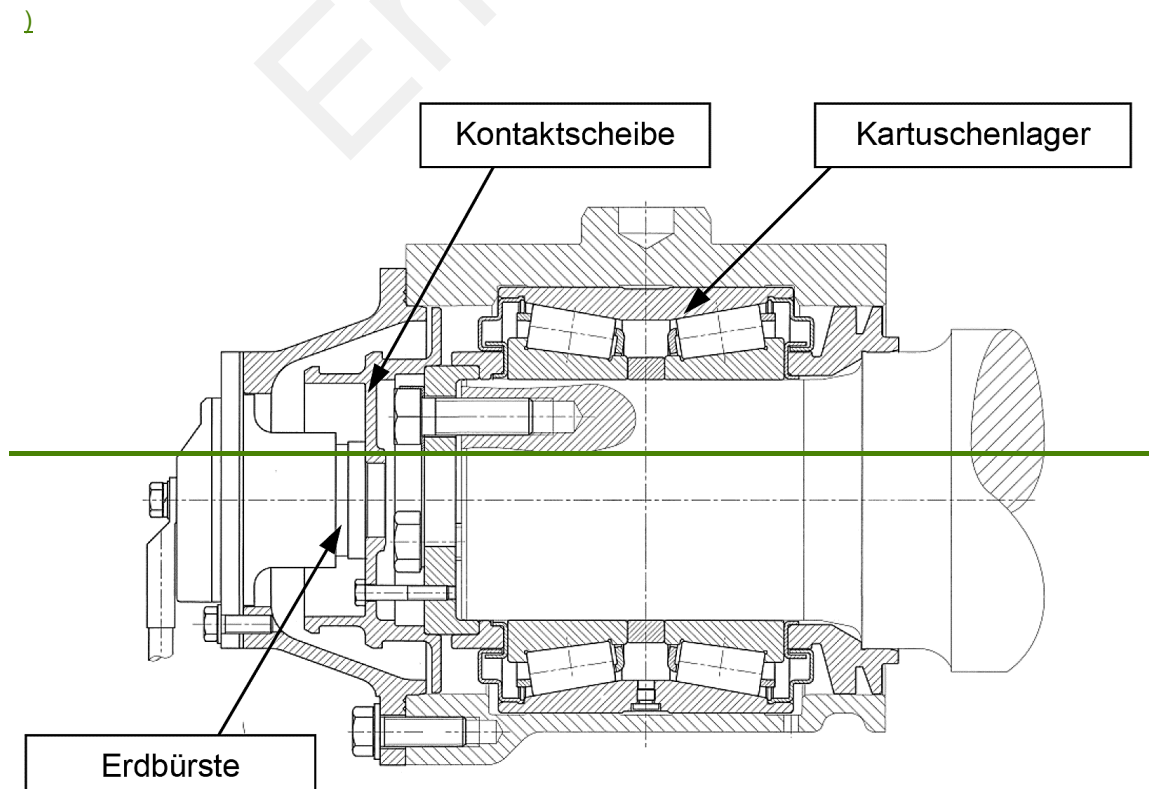


Abb.

6.2.6-3:

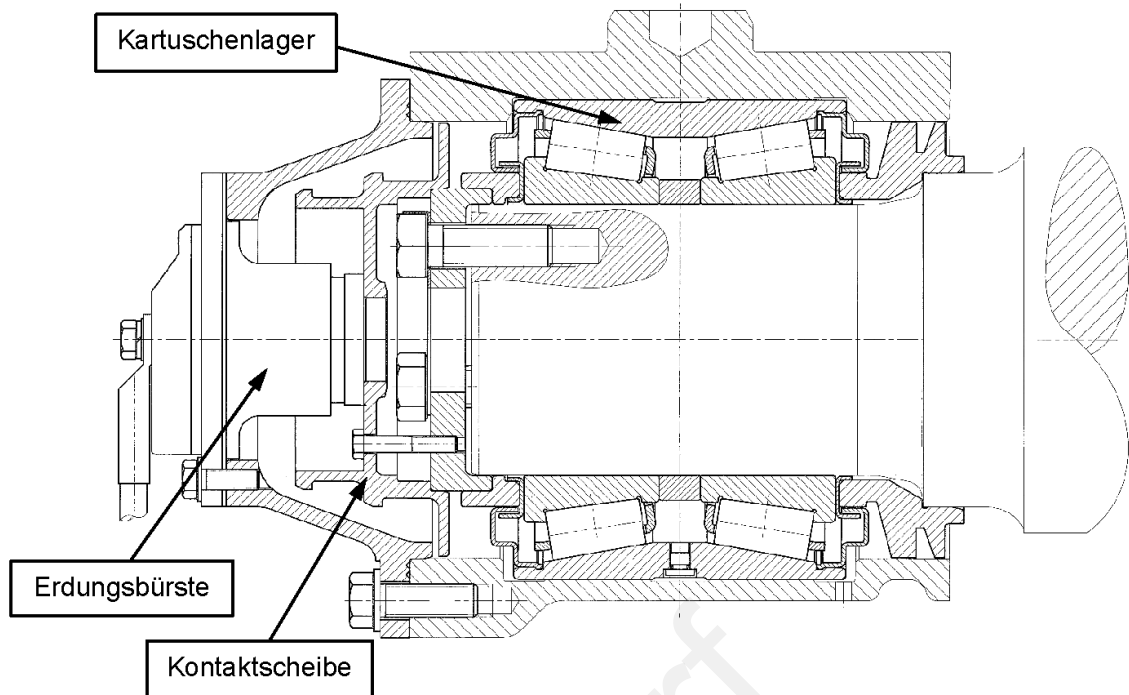


Abbildung 6-30: Kartuschenlager mit ~~Erdbürste~~.

~~Erdbürste ist der geläufige und umgangssprachliche Begriff des auch als Erdungsbürste bezeichneten Bauteils.~~

Erdungsbürsten werden umgangssprachlich auch als Erdbürsten bezeichnet. Beide Begriffe sind gleichwertig.

5.36.3 6.3 Terminologie und Bezeichnungen

Die nachfolgenden Bezeichnungen am Radsatz entsprechen der allgemeingültigen Normung und nehmen keine Rücksicht auf umgangssprachliche Begriffe. In offiziellen Radsatzdokumenten sind die nachfolgenden Begriffe zu verwenden.

5.3.16.3.1 6.3.1 Benennungen am Radsatz

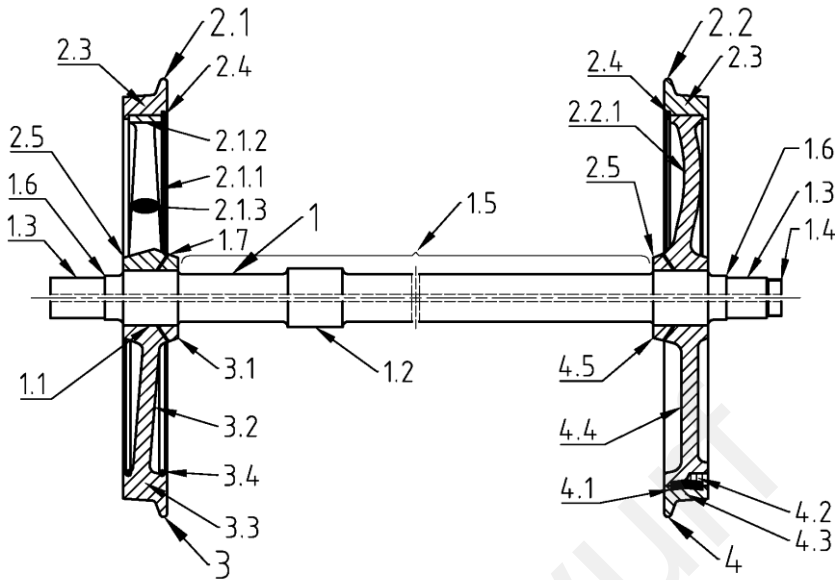


Abb. 6.3.1-1: Abbildung 6-31: Begriffe am Radsatz.

Legende zu Abbildung 6-31:

1.	Radsatz allgemein	2.1	Bereiftes Speichenrad
1.1	Radnabensitz	2.1.1	Speichenradkörper
		2.1	Be-reif-tes Spe-ich-en-rad
	1. — Radsatz allgemein	2.1.1	Felgenkranz
	1.1 — Radnabensitz		Spe-iche
	1.2 — Nabensitze für Bremsscheiben und Antriebe		nra
	1.3 — Radsatzwellenschenkel		dkör
1.2	1.4 — Gewindeansatz für Nutmutter		per
	1.5 — Radsatzwellenschaft	2.1.2	Fel-
	1.6 — Notlaufschenkel (Labyrinth-ringsitz)		gen
	1.7 — Abpressbohrung		

		kran z	
		2.1. 3	
		Spe iche nqu er- sch nitt	
		2.2	
		Be- reif- tes Sch ei- ben rad	
		2.2. 1	
		Sch ei- ben rad- kör- per (Fel ge)	
		2.3	
		Rad rei- fen (Ba nda ge)	
		2.4	
		Spr en- grin g	
		2.5	
		Rad- nabe	
1.3	Radsatzwellenschenkel	2.1.3	Speichenquerschnitt
1.4	Gewindeansatz für Nutmutter	2.2	Bereiftes Scheibenrad
1.5	Radsatzwellenschaft	2.2.1	Scheibenradkörper (Felge)

<u>1.6</u>	<u>Notlaufschenkel (Labyrinthingsitz)</u>	<u>2.3</u>	<u>Radreifen (Bandage)</u>
<u>1.7</u>	<u>Abpressbohrung</u>	<u>2.4</u>	<u>Sprengring</u>
		<u>2.5</u>	<u>Radnabe</u>
3	<u>Vollrad (Monoblocrad)</u>	4	<u>Bereiftes Rad mit Gummifederung</u>
<u>3.1</u>	<u>Radnabe</u>	<u>4.1</u>	<u>Elastomer</u>
<u>3.2</u>	<u>Radsteg</u>	<u>4.2</u>	<u>Felgenring</u>
<u>3.3</u>	<u>Radkranz</u>	<u>4.3</u>	<u>Radreifen (Bandage)</u>
<u>3.4</u>	3 — Vollrad (Monoblocrad)	<u>4.4</u>	4 — Bereiftes Rad mit Gummifederung
	3.1 — Radnabe		4.1 — Elastomer
	3.2 — Radsteg		4.2 — Felgenring
	3.3 — Radkranz		4.3 — Radreifen (Bandage)
	3.4 — Radschallabsorber		4.4 — Scheibenradkörper (Felge)
			4.5 — Radnabe
		<u>4.5</u>	<u>Radnabe</u>

~~Legende zu Abb. 6.3.1-1: Begriffe am Radsatz.~~

Entwurf

5.3.26.3.2 6.3.2 Geometrische Kennwerte des Radsatzes

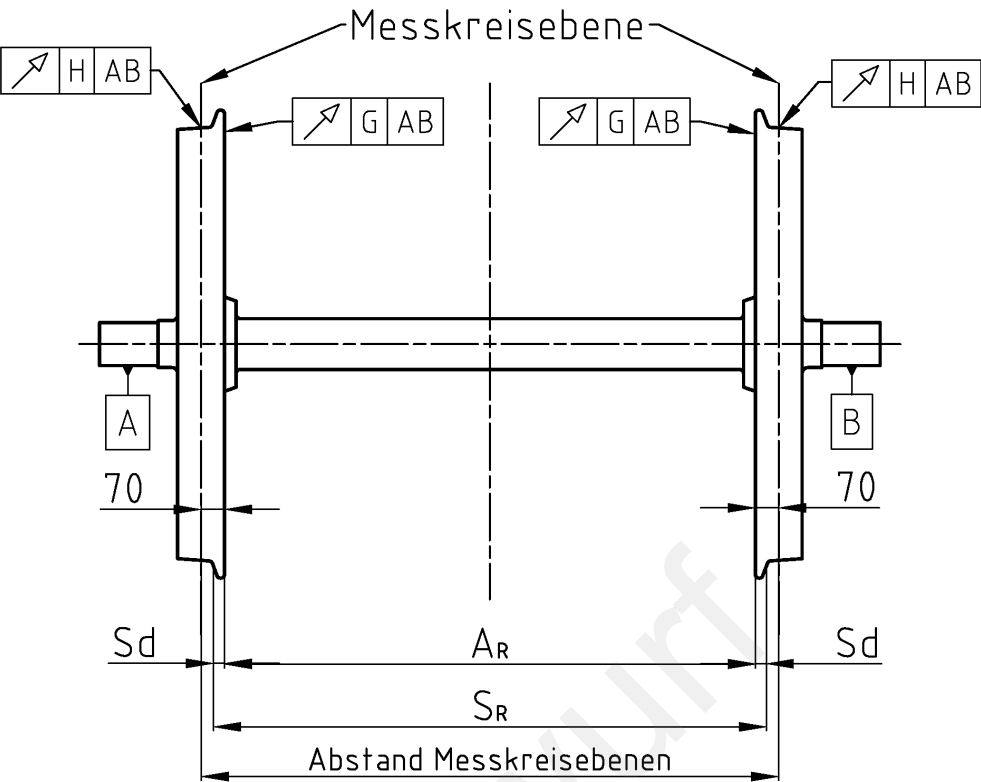


Abb. 6.3.2-1: Abbildung 6-32: Geometrische Kennwerte am Radsatz-

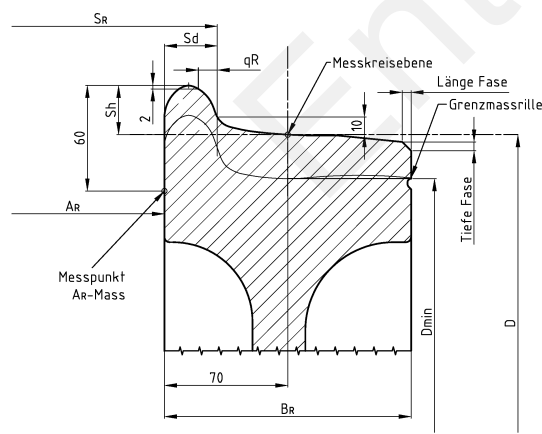


Abb. 6.3.2-2: Abbildung 6-33: Geometrische Kennwerte am Radprofil

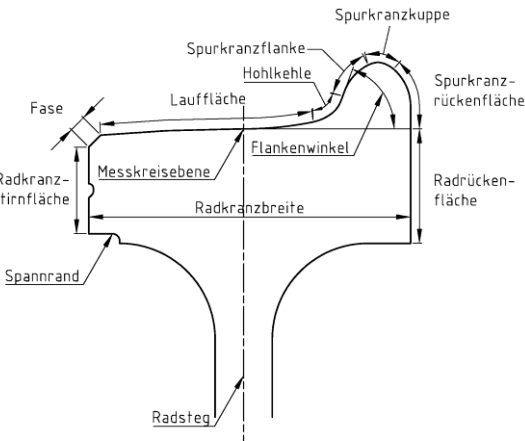


Abb. 6.3.2-3: Abbildung 6-34: Begriffe am Radprofil

Legende zu Abbildung 6-33 und Abbildung 6-34:

Bezeichnung nachgemäss TSI	Bezeichnung nachgemäss SN EN 15313	Benennung
AR	a1	Radrückenabstand oder Abstand der inneren Planflächen
BR	L	Radkranzbreite oder Radreifenbreite
D	d	Raddurchmesser in der Messkreisebene
Dmin		Raddurchmesser Betriebsgrenzmass

q_R	q_R	Spurkranzflankenmass
S_d	e	Spurkranzdicke
S_h	h	Spurkranzhöhe
S_R	a_2	Spurmass

Legende zu Abb. 6.3.2-1 bis 6.3.2-3: Begriffe am Radsatz

Abweichend von den Vorgaben der SN EN 15313 verwendet diese RTE-Regelung aus praktischen Gründen die TSI-Bezeichnungen der Masse, da sich diese Bezeichnungen weitgehend an den etablierten Ausdrücken, wie sie in der Schweiz verwendet werden, anlehnen. Die Bezeichnungen nachgemäss SN EN 15313 können nach eigenem Ermessen frei verwendet werden, es bestehen keine Einschränkungen.

Für die Rund- und Planlaufmasse werden nachfolgende Bezeichnungen verwendet

- g Planlaufabweichung der inneren Planflächen.
- h Rundlaufabweichung des Raddurchmessers in der Messkreisebene.

Entwurf

5.4.6.4 6.4 Beschaffung von neuen Komponenten

Neue Radsätze und Komponenten sind in Abstimmung mit den in Kapitel 22 aufgeführten und entsprechend zutreffenden Normen und Regelwerken zu beschaffen.

Spezielle Vorgaben des Käufers z.B. bezüglich Materialien und Radprofil sowie Umfang der Dokumentation sind dabei zu berücksichtigen und mit dem Lieferanten abzuklären.

Änderungen an Radsatzkomponenten, die einen Einfluss auf die Festigkeit haben können, sind dem BAV zur Stellungnahme mitzuteilen. Dies betrifft insbesondere die Änderung des Werkstoffs und der Geometrie von Rad und Radsatzwelle.

5.4.16.4.1 6.4.1 Komplette Radsätze

Bei der Beschaffung komplett montierter Radsätze muss mit dem Lieferanten der Umfang der Dokumentation und die Form der Datenübergabe geklärt werden. Als Mindestumfang werden die Punkte gemäss Kapitel 11 empfohlen, soweit bei neuen Komponenten zutreffend.

Es muss die eindeutige Rückverfolgbarkeit folgender Komponenten am Radsatz gewährleistet sein:

- Radsatzwelle
- Radscheiben (Vollrad oder Radkörper und Radreifen)
- Radsatzlager

Über die Standarddokumentation (siehe SN EN 13260 Anhang D und F oder UIC 813 Anlage B) hinaus wird empfohlen, Protokolle über die korrekte Beschichtung des Radsatzes, der Nachweis des aufgedrehten Radprofils sowie der Raddurchmesser und der Restunwucht sowie der allgemeinen geometrisch wichtigen Masse (insbesondere A_R -Mass sowie Rund- und Planlauf) und der Widerstandsmessung zu verlangen.

Bei Radsätzen mit Hohlwellen wird zu einer Nullprüfung mittelsmit Ultraschall im fertig gefügten Zustand geraten. Dies ist in einer separaten Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer zu regeln.

5.4.26.4.2 6.4.2 Vollräder, Felgen und Radreifen

Bei allen genannten Komponenten ist die Rückverfolgbarkeit über Materialcharge und laufende Nummer zwingend. Dies ist bei unbearbeiteten rohen Schmiedeteilen ausreichend.

Sind die Komponenten bereits bearbeitet, so sind die Daten gemäss Vorgaben des Käufers zu liefern, insbesondere:

- geometrische Werte, hierbei insbesondere die Durchmesser der Nabenbohrung und der Felge
- aufgedrehtes Radprofil
- Nachweis der korrekten Beschichtung. Dazu kann zwischen Hersteller und Käufer bei Bedarf eine Gitterschnittprüfung vereinbart werden. Der Prozentsatz der Teile, an denen eine Gitterschnittprüfung auszuführen ist, muss vorgängig festgelegt werden.

Bezüglich der mit den Bauteilen mitzuliefernden Daten siehe auch Kapitel 11.

6.4.3 6.4.3 Radsatzwelle

Bei den Radsatzwellen ist die Rückverfolgbarkeit über Materialcharge und laufende Nummer zwingend.

Sind die Komponenten bearbeitet, so sind die Daten gemäss Vorgaben des Käufers zu liefern, insbesondere:

- geometrische Werte, hierbei insbesondere die Durchmesser sämtlicher Sitze (Lager, Radscheiben, Getriebe, Wellenbremsscheiben, etc.)
- Nachweis der korrekten Beschichtung. Dazu kann zwischen Hersteller und Käufer bei Bedarf eine Gitterschnittprüfung vereinbart werden. Der Prozentsatz der Teile, an denen eine Gitterschnittprüfung auszuführen ist, muss vorgängig festgelegt werden.

Bezüglich der mit den Bauteilen mitzuliefernden Daten siehe auch Kapitel 11.

5.4.36.4.4 Antriebsbauteile

Bezüglich der Bauteile zur Antriebsanlage am Radsatz bestehen keine eindeutigen Vorgaben. Es wird empfohlen, zumindest die Fertigungslos- und Materialcharge festzuhalten.

Bei Antriebszahnradern oder Mitnehmern, die auf die Radsatzwelle oder Radscheibe aufgedrückt werden, sollte eine Seriennummer pro Bauteil vergeben werden, auf deren Basis die Qualitätsdokumente der Herstellung zugewiesen werden können. Der Umfang und die Notwendigkeit solcher Dokumentationen ist zwischen dem Hersteller und dem Käufer zu vereinbaren.

5.4.46.4.5 6.4.4 Verantwortlichkeiten bei Prüfungen

In der Bestellung oder ihren Anlagen ist festzulegen, ob allfällige Prüfungen entweder auf Auftrag von der zuständigen Abteilung des Herstellerwerkes oder im Beisein eines Vertreters des Käufers vorgenommen werden.

Bei den Prüfungen ist zu beachten, dass diese nachvollziehbar zu dokumentieren sind.

Wird in der Bestellung nichts anderes angegeben, so gelten die Bestimmungen der anwendbaren Normen und Regelwerke. Die nachfolgende Auflistung ist eine Zusammenstellung der wichtigsten Normen ~~UIC-Merkblätter~~, wobei stets die aktuellste Version zu berücksichtigen ist. Weitere respektive aktuellere Normen sind durch den Besteller zu prüfen. Die UIC-Merkblätter sind zum Teil ungültig und nur aus informatorischen Gründen aufgeführt.

Bauteil	Qualitätsanforderungen Qualitätsanforderungen	Abmessungsanforderungen für den «montagefertigen» Zustand
Radsatzwellen	UIC 811-1 SN EN 13261 (ehemals UIC 811-1)	UIC 811-2 SN EN 13261 (ehemals UIC 811-2)
Vollräder	UIC 812-3 SN EN 13262 (ehemals UIC 812-3)	UIC 812-2 SN EN 13262 (ehemals UIC 812-2)
Radkörper	UIC 812-1	UIC 812-5
Radreifen	UIC 810-1	UIC 810-2
Bereifte Räder	—	UIC 812-4
Radreifensprengringe	UIC 810-3	—
Radsatzrollenlager	—	SN EN 12080
Radsatz komplett	SN EN 13260	SN EN 13260

Tabelle ~~6-4:6-1~~: Anwendbare Normen bei ~~der~~ Materialbeschaffung.

Die Übertragung der Prüfung an die zuständige Abteilung des Herstellerwerkes seitens des Käufers schliesst das Recht des Käufers nicht aus, eine Überwachung der Wirksamkeit der Fertigungskontrollen selbst vorzunehmen sowie die Wirksamkeit der Prüf- und Inspektionsmethoden eventuell in anderen Versuchsanstalten zu überprüfen.

Entwurf

5.56.5 6.5 Radprofile

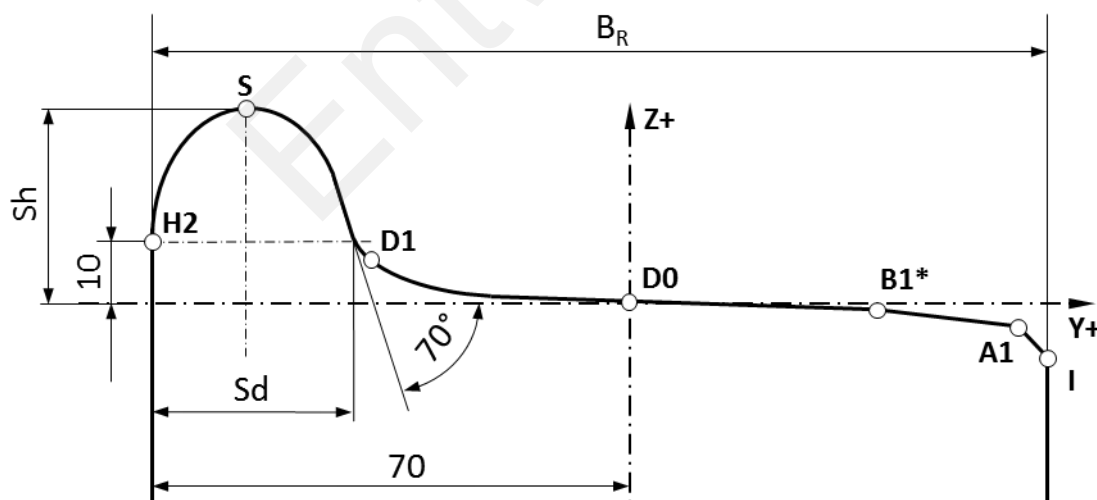
Die Entwicklung der Radprofile wurde in den letzten Jahrzehnten durch die Anforderungen an eine Verschleissanpassung und an einen stabilen Radsatzlauf bei höheren Geschwindigkeiten vorangetrieben.

Das Radprofil hat im Zusammenwirken mit dem Schienenkopfprofil unter Berücksichtigung der Schienenneigung und der daraus entstehenden Berührgeometrie einen grossen Einfluss auf das Lauf- und Traktionsverhalten des Radsatzes. Entsprechend der Berührungspunkte kann das Radprofil so ausgelegt werden, dass ein Optimum zwischen geforderter Laufstabilität und Verschleiss, so weit möglich angepasst auf die Schienenverhältnisse, erreicht wird.

Radprofile können, sofern die gängigen Grenzwerte der Radgeometrien eingehalten werden, auf Basis von lauftechnischen Berechnungen weitgehend freizügig gestaltet werden. Fahrzeugspezifische Ausnahmen und Auflagen sind zu beachten (z.B. Laufstabilität nur bei bestimmtem Spurmass erreichbar). Es wird jedoch empfohlen, normierte Radprofile und deren Variationsmöglichkeiten zu verwenden. Profile, die nicht der SN EN 13715 entsprechen bedürfen vor dem Einsatz einer Vereinbarung zwischen dem Fahrzeughalter und dem Infrastrukturmanagement bzw. der Zulassungsbehörde.

Durch die Festlegungen für Spurkranzhöhe M_{sh} und Spurkranzdicke M_{sd} (siehe [Abb. 6-5-1](#)/[Abbildung 6-35](#)) anhand des Laufkreisdurchmessers in anderen Normen ist die Form des Spurkranzes innerhalb enger Grenzen vordefiniert.

Die variable Partie bei Radprofilen umfasst im Wesentlichen den Konturzug zwischen den Punkten D1 und A1 gemäss nachfolgender Abbildung. Diese Partie beeinflusst insbesondere das Laufverhalten des Fahrzeuges.



[Abb. 6-5-1](#): [Abbildung 6-35](#): Radprofil

Bei Änderungen des Radprofils an einem im Betrieb stehenden Fahrzeugtyp muss das Infrastrukturmanagement und die Zulassungsbehörde informiert werden, sofern die Laufstabilität des Fahrzeuges oder das Verschleissverhalten massgeblich beeinflusst wird. Beispiel: Veränderung des Spurmasses bei Fahrzeugen, die nur mit einem bestimmten Spurmass als laufstabil nachgewiesen werden konnten.

Entwurf

5.5.16.5.1 ~~6.5.1~~ Radprofiltypen

Für Internationale Einsätze werden Profile ~~nachgemäss~~ SN EN 13715 Typ S1002 ~~oder EPS~~ empfohlen. Sie gelten als zugelassen für Raddurchmesser grösser 330 mm ~~und weisen eine verschleissangepasste Laufflächengeometrie auf. Diese Profile sind auf eine Neigung der Schiene von 1:40 angepasst.~~

~~Fahrzeuge mit Zulassung für Frankreich, welche auch in der Schweiz verkehren, weisen oftmals ein EPS-Profil nach SN EN 13715 auf. Dieses Profil ist speziell angepasst auf die in Frankreich gängige Neigung der Schiene von 1:20.~~

Die Angabe des Radprofils ~~nachgemäss~~ SN EN 13715 erfolgt z.B. beim S1002 gemäss folgender Konvention:

SN EN 13715 - S1002 / h28 / e30.5 / 6.7 %

Wobei:

S1002: Profil, abgeleitet vom Bezugsprofil S1002 ~~nachgemäss~~ SN EN 13715

h28: Wert der Spurkranzhöhe Sh (auch h)

e30.5: Wert der Spurkranzdicke Sd (auch e)

6.7 %: Wert der äusseren Kegelneigung

Vereinfachte Angaben des Radprofils sind zulässig, z.B. «S1002/28/30.5». Wird der Wert der äusseren Kegelneigung nicht angegeben, ist diese mit 6.7 % anzunehmen.

Neben den Radprofilen ~~nachgemäss~~ SN EN 13715 sind auch ältere, normativ nicht erfasste Profile bei der SBB und weiteren Betreibern im Einsatz:

- SBB 28-2, 30-2: ~~Für~~ Fahrzeuge mit verminderter Laufstabilität.
- SBB 28-3, 30-3: ~~Für~~ Fahrzeuge mit unzureichender Laufstabilität.
- SBB 32-3: ~~Für~~ kleine Raddurchmesser, die eine minimale Spurkranzhöhe von 32 mm erfordern.
- ~~SLM 46003:~~ ~~Re 465 BLS~~
- VSG RN 02.058: Radsätze Typ Talbot ~~und NINA~~ der BLS.
- Plasser UD00.1035: Gleisbaumaschinen von Plasser
- MR 10443.0: Matisa Gleisbaumaschinen
- DB 60°/4020: Spezialfahrzeuge

Die Radprofile von Typ S1002 ~~und EPS~~ werden in der SN EN 13715 genau definiert, die gängigsten Spezial-Radprofile (SBB, Baumaschinen und diverse Spezialanwendungen) sind im Anhang A aufgeführt.

Kegelneigung des Radprofils

Die SN EN 13715 lässt äussere Kegelneigungen der Strecke B1 – A1 gemäss Abb. 6.5.1-1 Abbildung 6-36 mit 6.7 %, 10 % und 15 % zu. Die Angabe erfolgt direkt bei der Radprofilbezeichnung in % (Beispiel: S1002/h28/e30.5/6.7 %).

Auf älteren Zeichnungen kann auch statt der vollständigen Profilangabe mit Kegelneigung die Angabe zeichnerisch mit dem Neigungssymbol und dem entsprechenden Bruchwert angegeben sein.

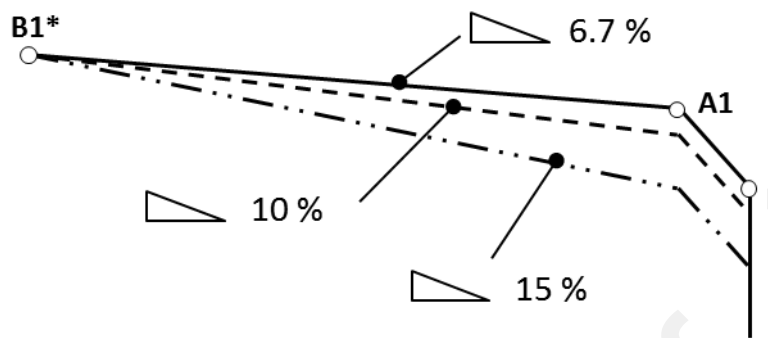


Abb. 6.5.1-1 Abbildung 6-36: Kegelneigungen am Radprofil S1002.

In der Regel wird eine Kegelneigung von 6.7 % angewendet. Räder mit Kegelneigungen von 15 % können gemäss Erfahrungen der SBB Herzstücke von Weichen beschädigen. Der Einsatz von Kegelneigungen grösser 6.7 % ist daher vorgängig mit dem Infrastrukturbetreiber abzuklären. Räder mit grösseren Kegelneigungen haben eine geringere Tendenz zur Bildung von Auswalmungen, was sich positiv auf die Instandhaltungsintervalle auswirken kann.

Für Fahrzeuge, die nur in der Schweiz verkehren wird eine Kegelneigung von 6.7 %, jedoch maximal 10 % empfohlen. Bei Fahrzeugen im internationalen Verkehr gelten die Vorgaben der TSI.

5.5.26.5.2 6.5.2 Radprofil-Formabweichung

In der Regel wird auf der Herstellerzeichnung der Radsätze bzw. Radscheiben die zulässige Formabweichung des Radprofils von der theoretischen Ideallinie definiert. Sind keine Angaben vorhanden, so wird eine maximal zulässige Formabweichung von 0.5 mm empfohlen. Die DIN 5573 gestattet eine Formabweichung bis zu 1.0 mm, welche jedoch im Bereich der Spurkranzflanke nicht empfohlen wird, da dies einen direkten Einfluss auf die Spurkranzdicke hat.

Radprofilabweichungen können in der Praxis nach der Bearbeitung mit einer Formlehre optisch beurteilt werden (Luftspaltmethode), sofern vom Besteller keine andere Messmethode vorgegeben wird, oder die Profilkontrolle durch Aufzeichnung dokumentiert werden muss.

Radprofil-Formabweichung nach der Herstellung:

- Maximal 0.5 mm empfohlen.
- Maximal 1.0 mm nachgemäss DIN 5573 (zurückgezogen) zulässig.

5.5.36.5.3 6.5.3 Oberflächengüten am Radkranz

Die Endkontur des Radkranzes wird sowohl bei der Herstellung als auch bei der Reprofilierung durch eine Drehbearbeitung hergestellt. Eine Profilbearbeitung durch Schleifen darf als Ausnahme bezeichnet werden. Insbesondere beim Drehen kann durch die Wahl der Bearbeitungswerkzeuge und der Vorschubgeschwindigkeit die Oberflächengüte markant beeinflusst werden. In der Regel gibt der Radsatzhersteller auf seinen Zeichnungen die zu erreichende Oberflächengüte an. Der Anwender ist frei, eine bessere Oberflächengüte bei der Bearbeitung zu erreichen. Eine Verschlechterung der Oberflächengüte wird nicht empfohlen.

Die Oberflächengüte beeinflusst über den Werkzeugvorschub bei der Bearbeitung direkt die Bearbeitungszeit. Diese sollte in der Regel möglichst gering ausfallen, um Bearbeitungskosten zu sparen. Allerdings hat eine gröbere Oberfläche auch nachteilige Einflüsse auf das Verschleissverhalten des Radprofils und auf die Ausbildung von Unrundheiten.

Aus diesem Grund empfiehlt es sich, mindestens die geforderte Oberflächengüte herzustellen, eine bessere als die minimal geforderte Oberflächengüte ist anzustreben. Die dadurch erhöhten Kosten durch eine verlängerte Bearbeitungszeit können unter Umständen durch eine höhere Laufleistung des Radsatzes eingespart werden.

Folgende Oberflächengüten am Radkranz werden empfohlen:

- Radrückenfläche und Radkranzstirnfläche mit Fase: Ra 12.5 bis Ra 25
- Spurkranzrückenfläche und Spurkranzkuppe: Ra 12.5
- Spurkranzflanke, Hohlkehle und Lauffläche bis zur Kegelfläche: Ra 3.2 bis Ra 6.3
- Kegelfläche: Ra 12.5

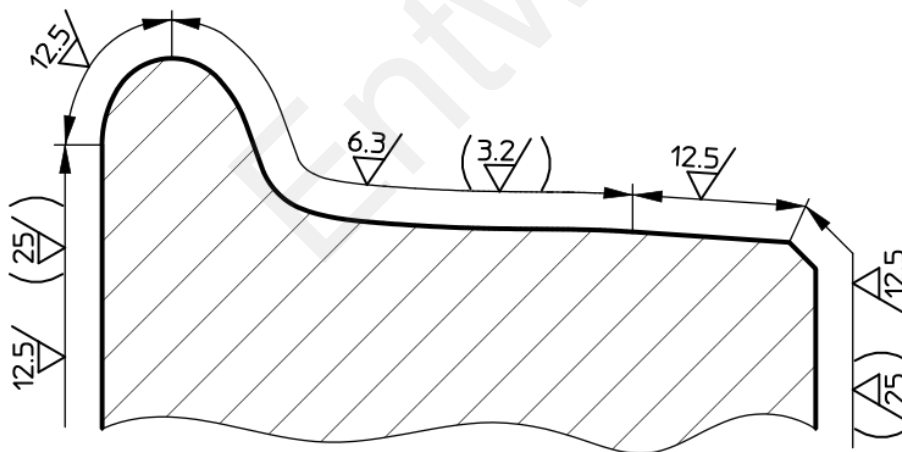


Abb. 6.5.3-1: Abbildung 6-37: Oberflächengüten am Radkranz

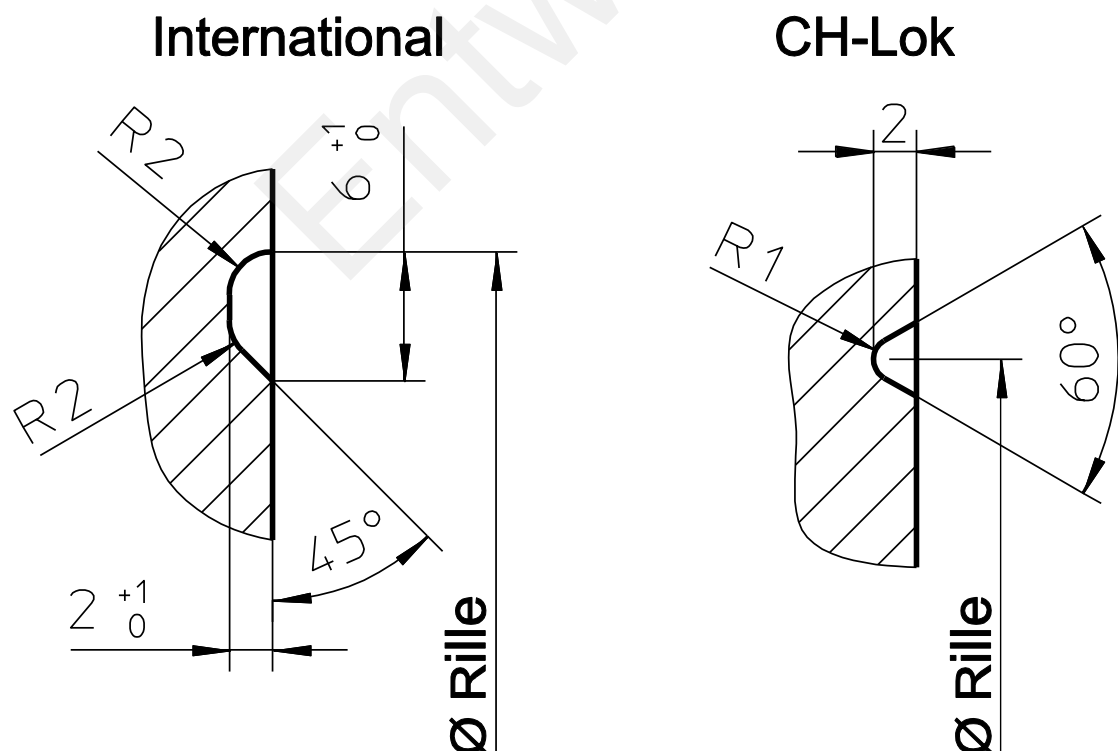
5.5.46.5.4 6.5.4 Grenzmassrille

Die Position der Grenzmass- oder Minimumrille auf der äusseren Radstirnfläche muss die Geometrie des verwendeten Radprofils – insbesondere die Koordinaten des Punktes I gemäss [Abb. 6.5.4-1](#) [Abbildung 6-36](#) berücksichtigen. In der Regel wird die Position der Grenzmassrille auf Basis des Betriebsgrenzmasses Raddurchmesser vom Radsatzhersteller angegeben. Nach einer Reprofilierung muss die Grenzmassrille bei Güter- und Personenwagenradsätzen noch vollständig vorhanden sein, eine Touchierung der Grenzmassrillenkontur mit der Fase ist nicht zulässig. Bei Triebfahrzeugen und Triebzügen, die nur in der Schweiz verkehren, kann die Grenzmassrille im Rahmen einer Sonderfreigabe und Überwachung des Laufkreisdurchmessers durch den Fahrzeughalter bei einer Reprofilierung angeschnitten werden. Für diesen Fall ist auf Basis des gedrehten Laufkreisdurchmessers eine Restlaufleistung zu definieren (typisch: ca. 10'000 km/mm Raddurchmesser). Bei Bedarf ist die Sonderfreigabe auf dem Fahrzeug anzuzeigen.

~~Das Anbringen der Grenzmassrille ist an Radsätzen aller Bauarten in der Schweiz zwingend vorgeschrieben. Siehe dazu auch AB-EBV 48.1, Ziffer 2.5.~~

~~Demgegenüber verbietet die SN-EN 15313 Anhang D das Anbringen von Grenzmassrillen an bandagierten Radsätzen. In diesem Fall steht die Forderung der AB-EBV als höherwertliche Regelung über der Forderung der SN-EN 15313.~~

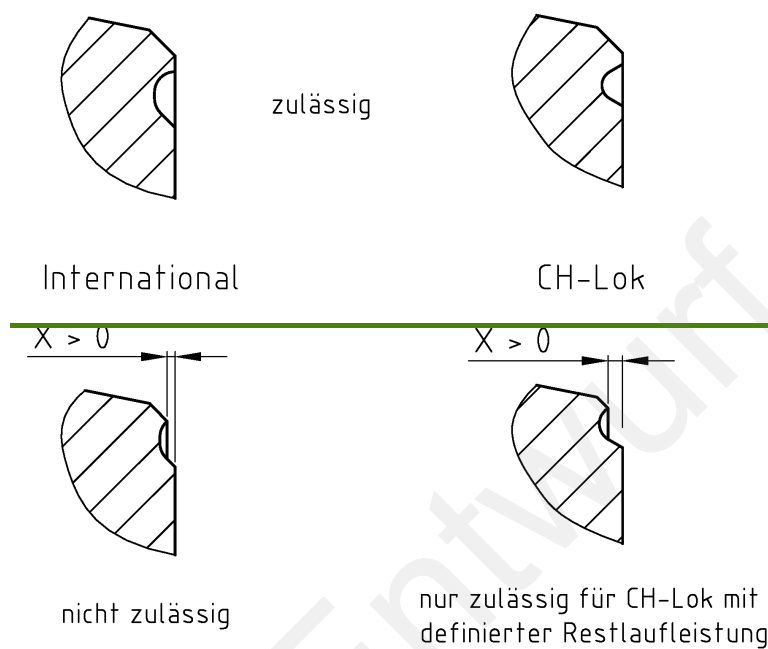
Bei Radsätzen für Reisezug- und Güterwagen ist die Grenzmassrille gemäss internationaler Vorgaben nach [Abb. 6.5.4-1](#) [Abbildung 6-38](#) links auszuführen. Diese Form wird für die grundsätzliche Verwendung empfohlen. Vereinfachte Grenzmassrillen gemäss [Abb. 6.5.4-1](#) [Abbildung 6-38](#) rechts finden in der Schweiz weiterhin bei bereiften Triebradsätzen Verwendung.



~~Abb. 6.5.4-1:Abbildung 6-38: Formen von Grenzmassrillen.~~

Die Grenzmassrille muss im Betrieb stets vollständig sichtbar sein, dabei sind die Auswirkungen von Auswalzungen zu berücksichtigen. Insbesondere die Grenzmassrille der Form CH-Lok wird beim Erreichen des Minimum-Durchmessers zugewalzt. In diesem Stadium ist der Verschleisszustand des Raddurchmessers nur noch durch Messen zu bestimmen.

Beim Reprofilieren von Rädern in der Nähe des Minimum-Durchmessers muss berücksichtigt werden, dass die Fase $5 \times 45^\circ$ die Grenzmassrille nicht verletzt. Räder mit verletzter Grenzmassrille gemäss [Abb. 6.5.4-2](#) dürfen nicht mehr eingesetzt werden (Ausnahmen für Triebfahrzeuge und Triebzüge siehe oben bei definierter Restlaufleistung).



[Abb. 6.5.4-2: Zur Optimierung der Laufleistung des Rades nach der letzten Reprofilierung kann die Fase auf das Mass \$3 \times 45^\circ\$ reduziert werden.](#)

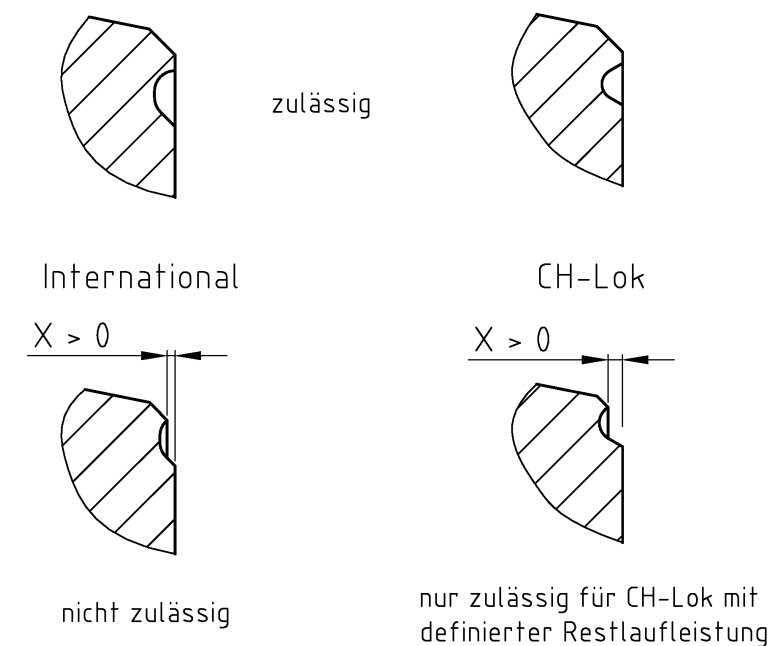


Abbildung 6-39: Beurteilung von Grenzmassrillen.

5.66.6 6.6 Beurteilungskriterien

Im Rahmen der Inspektion und Instandhaltung werden die Radsätze und besonders deren Radprofile und Laufflächen regelmässig einer Beurteilung oder Vermessung unterzogen (siehe dazu die Empfehlungen in Kapitel 8-8). Dabei werden die Befunde mit Grenzwerten verglichen und auf weitere Betriebstauglichkeit hin beurteilt. Die gültigen Grenzwerte stammen einerseits aus der Normung oder dem Festigkeitsnachweis oder können andererseits aus der Betriebserfahrung ermittelt werden. Je nach deren Herkunft und Bedeutung sind diese wie folgt benannt:

Warngrenze oder Werksgrenzmass:

Erfahrungswert Warngrenze oder Werksgrenzmass sind Erfahrungswerte des Betreibers. Räder, welche diese Grenze erreicht haben, müssen für die Instandsetzung geplant werden. Die Räder dürfen während einer definierten Restlaufzeit (z.B. 12'500 – 20'000 km oder 10 – 20 Einsatztage) bis zur Instandsetzung weiterbetrieben werden. Alternativ kann durch den Fahrzeughalter auch ein sofortiger Radsatztausch erfolgen.

Beispiel: Untergrenze $q_R\text{-Mass} < 7.0 \text{ mm}$

Betriebsgrenzmass (Interventionsgrenze)

Das Betriebsgrenzmass ist das Grenzmass aus der Normung oder dem Festigkeitsnachweis. Räder, welche diese Grenze verletzen, müssen nach sehr kurzer Restlaufzeit (z.B. 6'250 km oder 5 Einsatztage) ~~instand gesetzt~~ instandgesetzt werden (Reprofilierung oder Radtausch).

Beispiel: Untergrenze q_R -Mass < 6.7 mm, Spurmassobergrenze $\leq 1'425.5$ mm

Betriebsgrenzmass (Soforteingriffsschwelle)

Das Betriebsgrenzmass ist das Grenzmass aus der Normung oder dem Festigkeitsnachweis. Räder, welche diese Grenze verletzen, müssen sofort ohne jegliche Restlaufzeit ~~instand gesetzt~~ instandgesetzt werden (Reprofilierung oder Radsatztausch).

Beispiel: Untergrenze q_R -Mass < 6.5 mm, Spurmassobergrenze $\leq 1'426$ mm

Die Soforteingriffsschwelle entspricht im Allgemeinen dem Grenzwert, wie er normativ oder gesetzlich vorgesehen ist und sicherheitskritisch ist (z.B. q_R -Mass < 6.5 mm).

Die Interventionsgrenze ist die Vorstufe zur Soforteingriffsschwelle. Diese Werte sind weniger sicherheitskritisch und sind entsprechend den normativ oder gesetzlich vorgeschriebenen Werten oder der Betriebserfahrung festzulegen.

Die Warngrenze oder das Werksgrenzmass muss aus der Betriebserfahrung ermittelt werden.

Der Sinn dieser Unterscheidung liegt darin, Räder frühzeitig zu erkennen, bevor sie ein Betriebsgrenzmass erreichen. Die dadurch mögliche Planung der kurativen Instandhaltung stützt die Verfügbarkeit der Fahrzeuge.

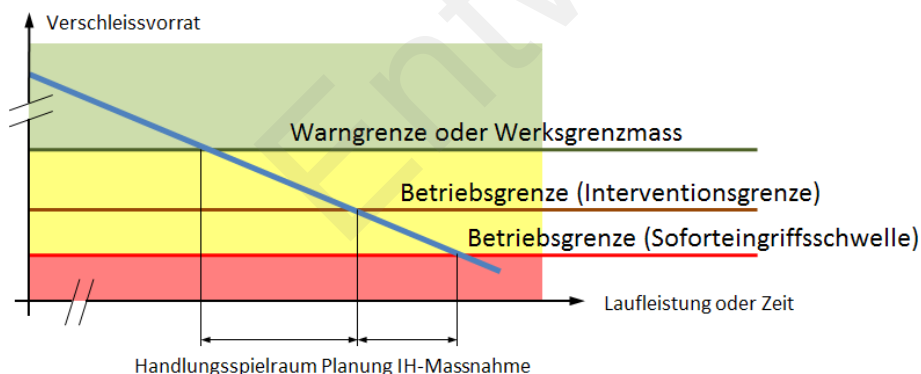


Abb. 6-6 1: Abbildung 6-40: Bedeutung Warngrenze – Betriebsgrenze-

5.6.16.6.1 6.6.1 Beurteilungskriterien Radprofil

Die verschiedenen gültigen Normen und Regelwerke sind bei den Vorgaben der Grenzmasse (Sh , S_d und q_R , A_R , S_R , etc.) nicht immer übereinstimmend. Nachfolgend werden die Vorgaben dieser Regelwerke aufgezeigt und darauf basierend eine allgemein gültige Empfehlung für in der Schweiz eingesetzte Fahrzeuge gegeben.

Die angegebenen Werte für die Warngrenze sind dabei als Richtwert zu verstehen und können vom Fahrzeughalter entsprechend der gewünschten Restlaufzeit angepasst werden.

5.6.1.16.6.1.1 6.6.1.1 Spurkranzhöhe Sh

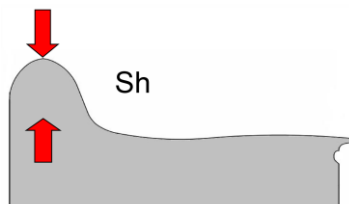


Abb. 6-6.1-1: Abbildung 6-41: Spurkranzhöhe Sh

Raddurchmesser D [mm] Nennmass		allgemein	$D \geq 760$	$760 > D \geq 630$	$760 \geq D \geq 680$	$760 \geq D \geq 330$	$D \leq 680$	$D \leq 630$	$630 > D \geq 330$
SN EN 15313	min	–	27.5	29.5	–	–	–	31.5	–
	nominal	–	28	30	–	–	–	32	–
	max	–	36	36	–	–	–	36	–
TSI	min	–	27.5	30	–	–	–	–	32
	max	–	36	36	–	–	–	–	36
DIN 27204	min	–	26	–	–	32	–	–	–
	max	–	36	–	–	38	–	–	–
SBB Wt 502/97BCA 20059323	min	–	28	–	30	–	32	–	–
	max (national)	–	38	–	38	–	38	–	–
	max (inter-nat.)	–	36	–	36	–	36	–	–
AB-EBV 48.1	min	25	–	–	–	–	–	–	–
	max Lok	38	–	–	–	–	–	–	–
	max Wagen	36	–	–	–	–	–	–	–

Tabelle 6-2-6-2: Vorgabe der Spurkranzhöhe Sh [mm] nach verschiedenen Quellen.

Basierend auf den oben dargestellten Vorgaben werden nachfolgende Werte für die Spurkranzhöhe Sh für die Anwendung im Betrieb vorgegeben. Dabei sind das Betriebsgrenzmass und das Neumass verbindlich, die restlichen Massangaben stellen eine Empfehlung dar.

Raddurchmesser $D \geq 760$ mm

	min	nominal	max
Neumass ^{c)}	27.5 mm	28 mm	–
Betriebsgrenzmass Sh (Soforteingriffsschwelle)	25 mm	–	36 mm LRS ^{a)} 38 mm TRS ^{b)}
Betriebsgrenzmass Sh (Interventionsgrenze)	–	–	35.5 mm LRS ^{a)} 37.5 mm TRS ^{b)}
Warngrenze Sh	–	–	35 mm LRS ^{a)} 37 mm TRS ^{b)}

Raddurchmesser $760 > D > 680$ mm

	min	nominal	max
Neumass ^{c)}	29.5 mm	30 mm	–
Betriebsgrenzmass Sh (Soforteingriffsschwelle)	25 mm		36 mm LRS ^{a)} 38 mm TRS ^{b)}
Betriebsgrenzmass Sh (Interventionsgrenze)	–		35.5 mm LRS ^{a)} 37.5 mm TRS ^{b)}
Warngrenze Sh	–		35 mm LRS ^{a)} 37 mm TRS ^{b)}

Raddurchmesser $680 \geq D \geq 330$ mm

	min	nominal	max
Neumass ^{c)}	31.5 mm	32 mm	–
Betriebsgrenzmass Sh (Soforteingriffsschwelle)	25 mm		36 mm LRS ^{a)} 38 mm TRS ^{b)}
Betriebsgrenzmass Sh (Interventionsgrenze)	–		35.5 mm LRS ^{d)} 37.5 mm TRS ^{d)}
Warngrenze Sh	–		35 mm LRS ^{d)} 37 mm TRS ^{d)}

Tabelle 6-3-6-3: Vorgaben für ~~das~~die Spurkranzhöhe Sh-Mass.

- a) International verbindlicher Grenzwert für Lauf- und Triebradsätze (LRS und TRS), national gültig für Fahrzeuge, die ausschliesslich Laufradsätze (LRS) aufweisen.
- b) National gültiger Grenzwert für Triebradsätze (TRS) und Laufradsätze (LRS) von Gliederzügen.
- c) Das Neumass der Spurkranzhöhe wird in der Regel durch das aufzudrehende Radprofil bestimmt.
- d) Der Wert kann vom Betreiber auf Basis von Betriebserfahrungen angepasst werden.

5.6.1.26.6.1.2 6.6.1.2 Spurkranzdicke Sd

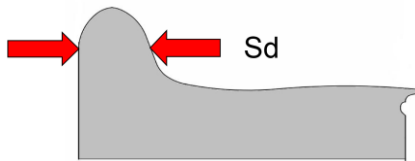


Abb. 6-6.1.2-Abbildung 6-42: Spurkranzdicke Sd

Raddurchmesser D [mm] Nennmass		allgemein	D ≥ 840	D ≥ 840 c)	D ≤ 840	840 ≥ D ≥ 760	840 > D ≥ 330	D ≤ 760
SN EN 15313	min	–	22	–	–	25 ^{a)}	–	27.5
	max	–	33	–	–	33	–	33
TSI	min	–	22	–	–	–	27.5	–
	max	–	33	–	–	–	33	–
DIN 27204	min	–	20	22	27.5 ^{b)}	–	–	–
	max	–	33	33	33	–	–	–
SBB Wt 502/97BCA 20059323	min	–	22	–	27.5	–	–	–
	max	33	–	–	–	–	–	–
AB-EBV 48.1	min	–	–	–	–	–	–	–
	max	–	–	–	–	–	–	–

Tabelle 6-4:6-4: Vorgaben für die Spurkranzdicke Sd [mm] nach verschiedenen Quellen.

- a) Voraussetzung für die Anwendung des Wertes ~~25mm~~25 mm ist die Zustimmung des Infrastrukturbetreibers
- b) Gültig bis zu einem Rad-Minstdurchmesser von ~~330mm~~330 mm
- c) Gültig für den grenzüberschreitenden Verkehr
- d) Die Grenzwerte der Spurkranzdicke sind nicht anwendbar auf Radsätze, die nicht an der Spurführung beteiligt sind und geschwächte oder fehlende Spurkränze haben (siehe auch Abschnitt ~~6.6.1.6~~6.6.1.6).

Bereits heute wird in der Praxis eine Soforteingriffsschwelle von 33.5 mm angewendet. Basierend auf den oben dargestellten Vorgaben werden nachfolgende Werte für die Spurkranzdicke Sd für die Anwendung im Betrieb vorgegeben. Dabei sind das Betriebsgrenzmass (Soforteingriffsschwelle) und das Neumass verbindlich, die restlichen Massangaben stellen eine Empfehlung dar:

Raddurchmesser $D \geq 840$ mm

	min	neu	max
Neumass ^{b)}	28.5 mm	32.5 mm	32.7 mm
Betriebsgrenzmass Sd (Soforteingriffsschwelle)	22 mm		33.5 mm
Betriebsgrenzmass Sd (Interventionsgrenze)	22.5 mm		33 mm ^{d)}
Warngrenze Sd	23.0 mm		–

Raddurchmesser $D < 840$ mm

	min	neu	max
Neumass ^{b)}	28.5 mm	32.5 mm	32.7 mm
Betriebsgrenzmass Sd (Soforteingriffsschwelle)	27 mm (25 mm ^{a)})		33.5 mm
Betriebsgrenzmass Sd (Interventionsgrenze)	27.5 mm ^{c)}		33 mm ^{d)}
Warngrenze Sd	28.0 mm		–

Tabelle 6-5:6-5: Vorgaben für ~~das~~die Spurkranzdicke Sd-Mass.

- a) Anwendung nur bei ausreichender Laufstabilität vor Vollradtausch für Räder mit mindestens 760 mm Raddurchmesser, Anwendung bei Radsätzen vor dem Reprofilieren normalerweise nicht wirtschaftlich (stark vergrößerte Spanabnahme)
- b) Das Neumass der Spurkranzdicke wird in der Regel durch das aufzudrehende Radprofil bestimmt.
- c) 27.5 mm ist für Fahrzeuge mit Internationalem Einsatz Soforteingriffsschwelle
- d) 33 mm ist für Fahrzeuge mit Internationalem Einsatz Soforteingriffsschwelle

Die Grenzmasse für Spurkranzdicken dürfen nur ausgenutzt werden, wenn gleichzeitig die Einhaltung des Spurmasses gegeben ist (siehe Abschnitt ~~6.6.1.6~~ 6.6.1.6).

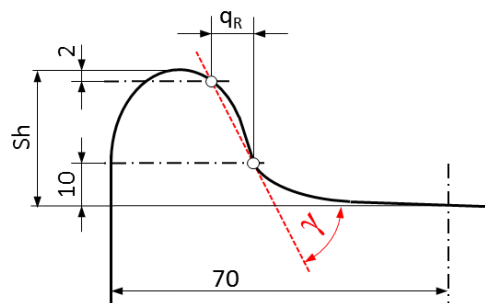
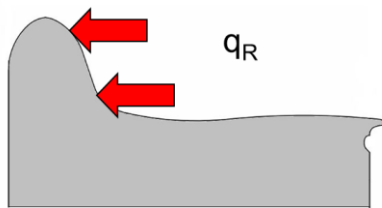
5.6.1.36.6.1.3 6.6.1.3 q_R -MassAbb. 6-6.1-3: q_R -Mass

Abb. 6-6.1-4: Geometrische

Kennwerte für
das q_R -Mass

Das q_R -Mass beschreibt die Flankensteilheit der Spurkranzflanke und stellt damit ein Ersatzmass für den Spurkranzflankenwinkel γ dar.

	SN EN 15313	SBB Wt 502/97BCA 20059323	DIN 27204	AB-EBV 48.4	
Raddurchmesser D	min	min	min	mi n	Neu- mass
allgemein	6.5	6.5	6.5 ^{a)}	6. 5	11

Tabelle 6-6-6: Vorgaben für das q_R -Mass [mm] nach verschiedenen Quellen.

a. ~~Gilt nicht für spurkranzgeschwächte oder an der Spurführung nicht beteiligte Radsätze.~~

Basierend auf den oben dargestellten Vorgaben werden nachfolgende Werte für das q_R -Mass für die Anwendung im Betrieb vorgegeben. Dabei sind das Betriebsgrenzmass (Soforteingriffsschwelle) und das Neumass verbindlich, die restlichen Massangaben stellen eine Empfehlung dar:

Vorgaben q_R -Mass

	min	nominal	max
Betriebsgrenzmass q_R (Soforteingriffsschwelle)	6.5 mm		–
Betriebsgrenzmass q_R (Interventionsgrenze)	6.7 mm		–
Warngrenze q_R	7 mm		–
Neumass	–	11 mm ^{a)}	–

Tabelle 6-7-6-7: Vorgaben für das q_R -Mass.

- a) Das Neumass des q_R -Masses wird durch den Spurkranzflankenwinkel des aufzudrehenden Radprofils bestimmt.

Für Rahmenlokomotiven mit mehr als zwei Radsätzen können die Mittelradsätze mit geschwächten Spukranzdicken ausgeführt werden. Auch wenn diese Radsätze nicht an der Spurführung beteiligt sind, dürfen die Grenzwerte für das minimale q_R -Mass nicht unterschritten werden.

5.6.1.46.6.1.4 6.6.1.4 Auswalzungen und Radbreite

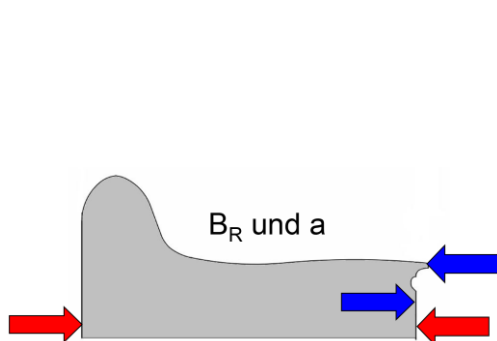


Abb. 6-6-1-5: Abbildung 6-45: Auswalzung und Radbreite.

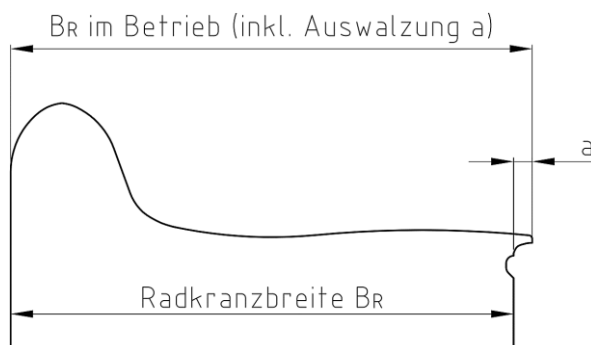


Abb. 6-6-1-6: Abbildung 6-46: Geometrische Kennwerte für Auswalzung und Radbreite.

Im Neuzustand weist der Radkranz eine Grundbreite B_R auf. Im Laufe des Betriebes können sich an der Radkranzstirnfläche Materialverschiebungen der Lauffläche ergeben. Diese werden als Auswalzung bezeichnet. Sie reichen über die Radkranzstirnfläche um das Mass a hinaus. Die Radkranzbreite B_R ist im Betrieb immer inklusive allfälliger Auswalzung a zu messen und zu überwachen. Ein konformer Zustand ist nur dann gegeben, wenn sowohl a als auch B_R innerhalb der zulässigen Grenzwerte liegen.

Für die Radbreite B_R sind gemäss verschiedenen Normen und Regelwerken die nachfolgenden Masse gültig:

		B_R allgemein	B_R neu 135	B_R neu 140	B_R Wagen	B_R Triebfahrzeuge	B_R bei Normal-spur-bahnen	B_R bei Gleis-ba-ckenbremsen	Auswalzung a		
SN EN 15313 b)	mi n	–	133	138	–	–	–	–	–	–	–
	ne u	–	135	140	–	–	–	–	0	–	–
	ma x	–	140 ^{a)}	145 ^{a)}	–	–	–	–	≤ 5	–	–
TSI (für Rad-Ø > 330mm)	mi n	133	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	ma x	145 ^{a)}	–	–	–	–	–	–	≤ 5	–	–
DIN 27204	mi n	130	–	–	–	–	–	–	133	–	–
	ma x	150 ^{a)}	–	–	–	–	–	–	140 ^{a)}	–	≤ 5
SBB Wt 502/97BCA 20059323	mi n	–	–	–	133	139	–	–	–	–	–
	ne u	–	–	–	135	140	–	–	–	–	–
	ma x	–	–	–	140	150	–	–	–	–	–
AB-EBV 48.1	mi n	–	–	–	–	–	–	134	–	–	–
	ma x	–	–	–	–	–	–	140	–	–	–

Tabelle 6-8: 6-8: _____ Vorgaben der Radkranzgrundbreite B_R [mm] und Auswalzung a [mm] nach verschiedenen Quellen:

- a) Mass gilt für B_R inklusive Auswalzung a .
b) Andere Normbreiten können für den nationalen Verkehr verwendet werden, Abweichungen sind national möglich.

Folgende Grenzwerte für die Auswalzung a sind anzuwenden:

internat.	national LRS	national TRS	Bemerkung
-----------	--------------	--------------	-----------

Betriebsgrenzmass a (Soforteingriffsschwelle)	$\leq 5 \text{ mm}$	$\leq 5 \text{ mm}$	$\leq 6 \text{ mm}$	Radbreite B_R muss dabei eingehalten werden
Warngrenze a	$\geq 4 \text{ mm}$	$\geq 4 \text{ mm}$	$\geq 5 \text{ mm}$	

Tabelle 6-9-6-9: Im Betrieb anzuwendende Grenzwerte für die Auswalzung a-

Basierend auf den oben dargestellten Vorgaben werden nachfolgende Werte für die Radkranzgrundbreite B_R inklusive Auswalzung a für die Anwendung im Betrieb vorgegeben. Dabei ist das Betriebsgrenzmass (Soforteingriffsschwelle) verbindlich, die restlichen Massangaben stellen eine Empfehlung dar:

Entwurf

Entwurf

Radkranzgrundbreite B_R 135 mm LaufradsätzeRadkranzgrundbreite B_R 135 mm Laufradsätze

	international	national	Bemerkung
Betriebsgrenzmass B_R (Soforteingriffsschwelle)	140 mm	140 mm	Gemessen inkl. Auswalzung a
Warngrenze B_R	≥ 139 mm	≥ 139 mm	

Radkranzgrundbreite B_R 135 mm TriebradsätzeRadkranzgrundbreite B_R 135 mm Triebradsätze

	international	national	Bemerkung
Betriebsgrenzmass B_R (Soforteingriffsschwelle)	140 mm	142 mm	Gemessen inkl. Auswalzung a
Warngrenze B_R	≥ 139 mm	≥ 141 mm	

Radkranzgrundbreite B_R 140 mm TriebradsätzeRadkranzgrundbreite B_R 140 mm Triebradsätze

	international	national	Bemerkung
Betriebsgrenzmass B_R (Soforteingriffsschwelle)	150 mm	150 mm	Gemessen inkl. Auswalzung a
Warngrenze B_R	≥ 148 mm	≥ 148 mm	

Tabelle 6-10: Im Betrieb anzuwendende Grenzwerte für die Radkranzgrundbreite B_R inklusive Auswalzung a:

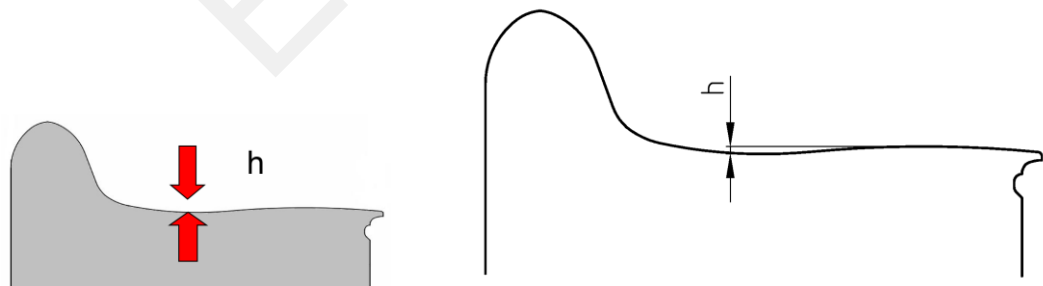
5.6.1.5 6.6.1.5 Hohllauf

Abb. 6-6.1-7: Hohllauf Abbildung 6-47: Hohllauf Abb. 6-6.1-8: Geometrischer Kennwert für den Hohllauf.

Der Hohllauf eines Rades wird entweder mit elektronischen Messverfahren gemessen oder das Über- oder Unterschreiten des Grenzwertes mit einer Lehre festgestellt.

Als Hohllauf h wird die Differenz zwischen höchstem und tiefstem Punkt auf der Lauffläche bei abgenutzter Lauffläche bezeichnet. Der tiefste Punkt liegt dabei typischerweise nahe der Messkreisebene, während der höchste Punkt nahe der Mitte zwischen Messkreisebene und äussere Radkranzstirnfläche liegt.

Das genaue Mass für den Hohllauf ist deshalb nicht grundsätzlich in der Messkreisebene zu messen, sondern am tiefsten Punkt der Lauffläche. Für die praktische Beurteilung im

Betrieb genügt dagegen eine Kontrolllehre, die den Hohlraum in der Messkreisebene erfassen kann (siehe Abschnitt ~~14.2.6~~).

14.2.6).

Entwurf

International gültige Grenzwerte für den Hohllauf sind nicht definiert. Folgende Werte gelten national:

	international	national
Betriebsgrenzmass (Soforteingriffsschwelle)	–	$h \leq 2.2 \text{ mm}$
Warngrenze	–	$h \geq 1.7 \text{ mm}$

Tabelle 6-11: Zulässige Werte für den Hohllauf.

Beim Erreichen des Betriebsgrenzmasses ist der Radsatz umgehend zu bearbeiten, es ist keine Restlaufzeit mehr vorzusehen. Das Fahrzeug wird bei Erreichen dieses Wertes ausgesetzt.

Die bisherige Interventionsgrenze für den Hohllauf von 2 mm kann intern beibehalten werden, sofern der Fahrzeughalter dies wünscht. Das sofortige Aussetzen eines Fahrzeuges ist bei einem Hohllauf von 2 mm jedoch nicht zwingend notwendig.

5.6.1.66.6.1.6 6.6.1.6 Spurmass S_R

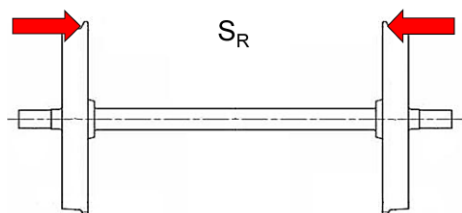


Abb. 6-6.1-9: Abbildung 6-49: Spurmass S_R

Für das Spurmass S_R gelten folgende Grenzwerte:

	SN EN 1 5313		Wt-502 /97-SBB BCA 200593 23	DIN 27204-1	AB- EBV 48.1	UIC 510-2		TSI		AVV Anl. 10			
Raddurchmesser D	min)	max	min	max		min	max	min	max	min	max	min	max
Allgemein	–	–	–	–		–	–	1440	1426	–	–	–	–
1000 ≥ D ≥ 840 mm	–	–	–	–		1'41 0	1'42 6	–	–	1440	1426	–	–
D ≥ 840 mm	–	–	1440	1'410	1426	1'426	–	–	1'41 0	1'42 6	1'410	1'42 6	144 0
D ≤ 840 mm	–	–	1445	1'415	1426	1'426	–	–	–	–	1'415	1'42 6	144 5
Zwischenrads- ätze			1405	1'405	1426	1'426			=	=	=	=	–
840 ≥ D ≥ 760 mm	1442 1'412 b)	1426 1'426	–	–		–	–	–	–	–	–	–	–
D ≤ 760 mm	1445 1'415	1426 1'426	–	–		–	–	–	–	–	–	–	–

840 ≥ D ≥ 330 mm	–	–	–	–	1415 <u>1'415</u>	1426 <u>1'426</u>	1'41 <u>5</u>	1'42 <u>6</u>	1415 <u>1'415</u>	1426 <u>1'426</u>	141 <u>5</u>	142 <u>6</u>	–	–
D > 840 mm	1410 <u>1'410</u>	1426 <u>1'426</u>	–	–	1410 <u>1'410</u>	1426 <u>1'426</u>	–	–	–	–	–	–	–	–
2-achsige Güterwagen mit 22.5 t Radsatzlast mit Rädern ≥ 840 mm und Radstand grösser 8 m, v _{max} = 100 km/h (s-fähig)									1'418 <u>1'418</u>	1'42 <u>6</u>			141 <u>8</u>	142 <u>6</u>
2-achsige Güterwagen mit 22.5 t Radsatzlast	–	–	–	–	1'41 <u>8</u>	1'42 <u>6</u>	–	–	1418 <u>1'418</u>	1426 <u>1'426</u>	–	–	–	–
2-achsige Güterwagen mit 22.5 t Radsatzlast, v _{max} bis 120 km/h (s- und ss-fähig)	–	–	–	–	1418 <u>1'418</u>	1426 <u>1'426</u>	–	–	–	–	–	–	–	–

Tabelle 6-12-6-12: Vorgaben für das Spurmass S_R-Mass [mm] nach verschiedenen Normen.

a. ~~Bei nicht an der Spurführung beteiligten Radsätzen mit Spurkranzschwächung kann das Mindestmass bis auf 1395 verringert werden.~~

- Diese Werte sind nicht anwendbar für Radsätze, die nicht an der Spurführung beteiligt sind oder geschwächte oder fehlende Spurkränze aufweisen.
- Andere Werte können für nationale Verkehre gelten.

Vorgaben S_R-Mass

Laufkreisdurchmesser D [mm] (Istwert)	Spurmass S _R [mm]	
	Mindestmass ^{a), b)}	Höchstmass ^{a)}
D ≤ 760	1415 <u>1'415</u>	1426 <u>1'426</u>
760 < D ≤ 840	1412 <u>1'412</u> ^{d)}	1426 <u>1'426</u>
D > 840	1410 <u>1'410</u> ^{d)}	1426 <u>1'426</u>
2-achsige Güterwagen	1418 <u>1'418</u> ^{c)}	1426 <u>1'426</u>

Tabelle 6-13-6-13: Vorgaben für das S_R-Mass.

- Die Mindest- und Höchstmasse sind als Soforteingriffsschwelle zu verstehen.
- Bei nicht an der Spurführung beteiligten Radsätzen mit Spurkranzschwächung kann das Mindestmass bis auf 1'395 mm verringert werden.
- Gilt nur für Raddurchmesser grösser 840 mm bei Zweiachsern mit Doppelschakengehänge und Radsatzstand ≥ 8 m, bis 100 km/h, 22.5 t Radsatzlast.
- Andere Werte für S_R können bei nationalen Verkehren gelten.

Das Spurmass S_R kann aus den Werten des A_R-Masses und den Spurkranzdicken durch Summation berechnet werden. Dabei gilt:

$$S_R = A_R + S_{d_{links}} + S_{d_{rechts}}$$

Formel 6-4-6-1: Berechnung des Spurmasses S_R.

Die Grenzen des Spurmasses müssen in allen Beladungszuständen bei eingebauten Radsätzen sowie bei ausgebauten Radsätzen eingehalten werden.

Bei der fahrtechnischen Prüfung neuer Fahrzeuge wird empfohlen, den Nachweis zur Erbringung der Laufstabilität für Radprofile mit $S_R = 1'420$ mm und $S_R = 1'425$ mm durchzuführen. Je nach Tendenz des Spurkranzverhaltens (Dicke im Betrieb zu- oder abnehmend) kann dann das entsprechende Profil ohne Zulassungsprobleme aufgedreht werden. Die Vorgaben zur äquivalenten Konizität gemäss SN EN 14363 sind dabei einzuhalten.

Entwurf

5.6.1.76.6.1.7 6.6.1.7 Radrückenabstand A_R

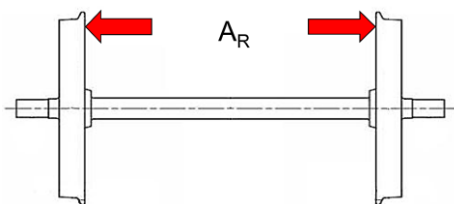


Abb. 6.6.1 10: Abbildung 6-50: Radrückenabstand A_R

Das Mass für den Radrückenabstand ist bei ausgebauten Radsätzen an drei um 120° versetzten Punkten am Radsatz 60 mm unterhalb der Oberkante des Spurkranzes zu messen (Dreipunktmessung). Die SN EN 15313 empfiehlt, 10 mm ausserhalb des Laufkreises zu messen, was etwa gleichbedeutend mit der Schienenoberkante ist. Der Anwender ist frei in der Wahl des Messpunktes (siehe dazu auch Abschnitt 14.3.1). Auf Sauberkeit an den Messstellen ist zu achten.

Bei normalen Kontrollmessungen bei eingebauten Radsätzen im Betrieb ist eine Messung pro Radsatz ausreichend. Dabei muss die Messposition so nahe wie möglich im Bereich des Aufstandspunktes Rad-Schiene sein.

Nach Entgleisungen ist der betroffene Radsatz in eingebautem Zustand zu vermessen. Dabei ist das A_R -Mass an drei um 120° versetzten Stellen zu messen. Durch Verschieben des Fahrzeugs ist sicher zu stellen, dass die Messung stets in der gleichen Messposition vorgenommen wird, vorzugsweise so nahe wie möglich im Bereich des Aufstandspunktes Rad-Schiene

Raddurchmesser D [mm] Nennmass		allgemein	$1000 \geq D \geq 840$	$D \geq 840$	$D \leq 840$	$840 \geq D > 760$	$D \leq 760$	$840 \geq D \geq 330$	$D > 840$
SN EN 15313	min	–	–	–	–	1358 1'358	1359 1'359	–	1357 1'357
	max	–	–	–	–	1363 1'363	1363 1'363	–	1363 1'363
TSI	min	–	–	135 71'35 7	–	–	–	1359 1'359	–
	max	–	–	136 31'36 3	–	–	–	1363 1'363	–
DIN 27204	min	–	–	–	–	–	–	1359	1357
	max	–	–	–	–	–	–	1363	1363
SBB Wt 502/97BCA 20059323	min	–	–	135 71'35 7	1359 1'359	–	–	–	–
	max	–	–	136 31'36 3	1363 1'363	–	–	–	–
AB-EBV 48.1	min	135 7	–	–	–	–	–	–	–
	max	136 3	–	–	–	–	–	–	–

UIC 510-2	min	–	135 71'35 7	–	–	–	–	1359 1'359	–
	max	–	136 31'36 3	–	–	–	–	1363 1'363	–

Tabelle ~~6-14~~~~6-14~~: Vorgaben für das ~~A_R~~ Mass A_R [mm] nach verschiedenen Normen.

Entwurf

Vorgaben A_R-Mass

Laufkreis- durch-mes- ser Lauf- kreisdurch- messer D [mm] (Istwert)	Zustand	A _R -Mass [mm] ^{d)}	
		Mindestmass	Höchstmass
330 ≤ D ≤ 760	Radsatz ausgebaut, Aus- senlagerung	<u>1360</u> <u>1'360</u>	<u>1361</u> <u>1'361</u>
	Radsatz ausgebaut, Innenla- gerung	<u>1358</u> <u>1'358</u>	<u>1360</u> <u>1'360</u>
	Radsatz eingebaut ^{a)}	<u>1359</u> / <u>1358</u> <u>1'359</u> <u>1'358</u> ^{c)}	<u>1363</u> <u>1'363</u>
760 < D ≤ 840	Radsatz ausgebaut, Aus- senlagerung	<u>1360</u> <u>1'360</u>	<u>1361</u> <u>1'361</u>
	Radsatz ausgebaut, Innenla- gerung	<u>1358</u> <u>1'358</u>	<u>1360</u> <u>1'360</u>
	Radsatz eingebaut ^{a)}	<u>1358</u> <u>1'358</u> ^{c)}	<u>1363</u> <u>1'363</u>
D > 840	Radsatz ausgebaut, Aus- senlagerung	<u>1360</u> <u>1'360</u> ^{b)}	^{b)} <u>1362</u> <u>1'362</u>
	Radsatz ausgebaut, Innenla- gerung	<u>1358</u> <u>1'358</u>	<u>1360</u> <u>1'360</u>
	Radsatz eingebaut ^{a)}	<u>1357</u> <u>1'357</u>	<u>1363</u> <u>1'363</u>

Tabelle 6-15:6-15: Vorgaben für das A_R-Mass.

- a) Unabhängig vom Beladungszustand.
- b) Grenzwerte nachgemäss VPI 04: minimal 1'359 mm; maximal 1'361 mm.
- c) Voraussetzung für die Anwendung des Wertes 1'358 mm ist die Zustimmung des Infrastrukturbetreibers.
- d) Die zulässigen Massabweichungen innerhalb eines Radsatzes bei einer Dreipunktmessung werden durch das Kriterium des Planschlags definiert (siehe Kapitel 6.6.2.2)-Abschnitt 6.6.2.2). Nach Entgleisungen dürfen Radsätze mit A_R-Massdifferenzen innerhalb eines Radsatzes bis zu 2.0 mm im Fahrzeug zur Überfuhr verbleiben.

Die angegebenen Werte für das A_R-Mass in ausgebautem Zustand gelten auch als Richtwert für die Montagetoleranz beim Fügen von Radsätzen, sofern auf den Radsatzzeichnungen keine anderen Toleranzwerte angegeben sind.

Die Verspannungssituation auf der UFD bewirkt eine Aufweitung des Radrückenabstandes A_R von bis zu 3 mm. Die Aufweitung ist abhängig vom Raddurchmesser, der Radsatzwellendimension, der Führungsrollen und der Kraft des Niederhalters.

Die mit einem UFD gemessenen A_R-Masse können daher keine ausreichende Genauigkeit bieten, um das A_R-Mass zu beurteilen. Deshalb muss das A_R-Mass immer dann gemessen werden, wenn das Fahrzeug im Betriebszustand auf den Schienen steht.

Bei Fahrzeugen mit grosser Zuladung spielt auch der Beladezustand eine Rolle. Er ist bei der Messung des A_R-Masses zu berücksichtigen und zu vermerken.

Ein Betrieb eines Radsatzes mit einem Radrückenabstand A_R ausserhalb dieser Werte ist nicht zulässig. Die Mindest- und Höchstmasse sind als Soforteingriffsschwelle zu verstehen.

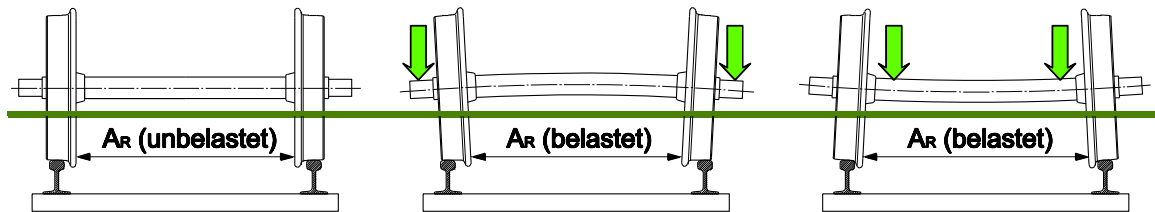


Abb.

6.6.1-11:

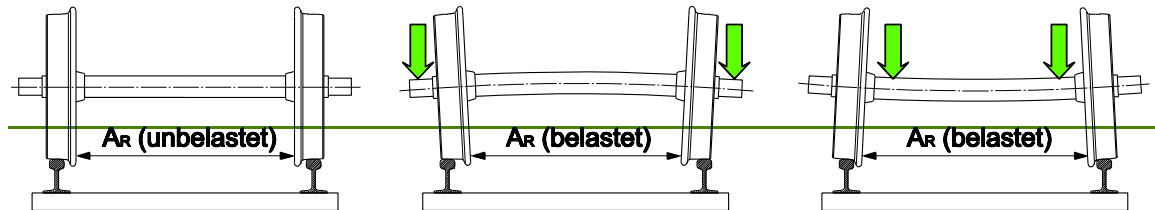


Abbildung 6_51: Radrückenabstand A_R in unbelastetem und belastetem Zustand; Aussen- und Innenlagerung.

5.6.1.86.6.1.8 6.6.1.8 Radreifendicke b

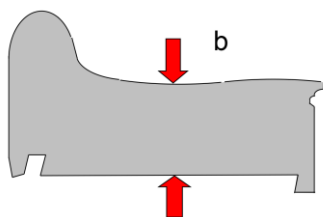


Abb. 6.6.1 12: Abbildung 6-52: Radreifendicke b

Die Radreifendicke wird in der Regel auf der Lauffläche mit ca. 80 mm Abstand vom Radrücken gemessen (siehe Abschnitt 14.4.3.4).

Für die im Betrieb zulässige minimale Radreifendicke gelten nachfolgende Grenzwerte (Soforteingriffsschwelle):

Fahrzeug	max. Fahrgeschwindigkeit	min. zulässige Radreifendicke b
Reisezugwagen D ≥ 330 mm	v > 160 km/h	unzulässig
	v ≤ 160 km/h	35 mm
Güter- und Dienstwagen D ≥ 330 mm	v > 120 km/h	unzulässig
	v ≤ 120 km/h	35 mm
	v ≤ 100 km/h	30 mm ^{a)}
	v ≤ 100 km/h	25 mm (DIN 27204) ^{b)}
Lokomotiven, andere Fahrzeuge	Gemäss Vorgaben Hersteller oder Fahrzeughalter	

Tabelle 6-16: Grenzwerte für im Betrieb minimal zulässige Radreifendicken

a) Bis 120 km/h in unbeladenem Zustand gestattet (Kennzeichnung mit **SS** oder **★★★★**)

a. Gilt nur im nationalen Verkehr

Da die Messung der Radreifendicke mit mechanischen Messmitteln nur mit relativ grosser Toleranz möglich ist wird empfohlen, statt der zulässigen Radreifendicke für die betroffene Radsatzbauart den Mindestdurchmesser basierend auf der minimalen Radreifendicke und dem nominalen Radkörperdurchmesser zu definieren. Ebenso ist die Messung der Radreifendicke mittels geeigneten Wandstärken-Messgeräte auf Ultraschallbasis möglich.

5.6.26.6.2 6.6.2 Beurteilungskriterien Radsatz generell

Zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit an einem Radsatz sind in erster Linie diverse geometrische Werte am Radsatz zu kontrollieren sowie eine optische Beurteilung vorzunehmen. Darunter fallen Abweichungen von der geometrischen Idealform, Unwuchten und Massdifferenzen sowie der Allgemeinzustand der verschiedenen Funktionsteile, insbesondere der Lauffläche.

Ferner sind zu beurteilen:

- das Einhalten aller sonstigen zulässigen Grenzwerte (siehe vorhergehende Abschnitte);
- das Einhalten des minimal zulässigen Raddurchmessers unter Berücksichtigung der Verschleisserscheinungen im Bereich der Lauffläche;
- Vorhandensein der Kennzeichnungen am Radsatz bzw. dessen Bauteile gemäss technischer Dokumentation.

- ordnungsgemässes Vorhandensein von Korrosionsschutz
- ordnungsgemässes Vorhandensein von Verdrehmarkierungen Radreifen — Radkörper

Entwurf

5.6.2.16.6.2.1 6.6.2.1 Rundlaufabweichung h

Die Rundlaufabweichung ist sowohl nach der spanabhebenden Bearbeitung am Radsatz wie auch nach dem Aufziehen von neuen, bereits fertig reprofilierten Vollrädern zu messen.

Die maximal zulässige empfohlene Rundlaufabweichung, gemessen in Laufkreisebene mit einem geeigneten Verfahren gemäss Abschnitt 4.4.4 beträgt gemäss nachfolgender Tabelle:

	max. zulässige Rundlaufabweichung h [mm] ^{b)}			
	nach dem Reprofilieren	im Betrieb zulässig (SN EN 15313:2016, Anhang G)		
Raddurchmesser [mm] Geschwindigkeitsbereich [km/h]	Beliebig	D > 840	360 < D ≤ 840	D ≤ 360
$v_{\max} \leq 60$	0.5 ^{a), d)}	1.5	0.7	0.3
$60 < v_{\max} \leq 120$	0.5 ^{a), d)}	1.0	0.7	0.3
$120 < v_{\max} \leq 160$	0.3 ^{a), d)}	1.0	0.7	0.3
$160 < v_{\max} \leq 200$	0.3 ^{a)}	0.7	0.7	–
$v_{\max} > 200$	0.3 ^{a), c)}	0.5	0.5	–

Tabelle 6-17: Maximal zulässige Rundlaufabweichung

- a) Es wird empfohlen, einen Höchstwert für die Rundlaufabweichung nach dem Reprofilieren von max. 0.2 mm anzustreben, unabhängig vom Einsatzfeld des Radsatzes. Dazu wird das belastete Radsatzlagergehäuse und nicht die Radsatzwellenzentrierung als Bezug genommen. Der Wert ist aus der Betriebserfahrung entstanden und viel einschränkender als die allgemein gültigen Vorgaben.
- b) Für elastomergefederte Räder gilt das Kriterium Kreisformabweichung der Lauffläche.
- c) Die Toleranz sollte zum Zeitpunkt der Anfrage und Auftragserteilung vereinbart werden.
- d) Für Räder mit Raddurchmesser ≤ 360 mm gelten vom Fahrzeughalter vorgegebene Werte.

Diese Werte können vom Halter nach unten angepasst werden, um dem gewünschten Fahrkomfort und einer eingeschränkten Geräuscentwicklung Rechnung zu tragen. Unrunde Räder führen zu Fahrkomfortverschlechterungen und erhöhter Belastung von Fahrzeug und Gleis.

Ein Radsatz, der die vorgegebenen Werte im Betrieb überschreitet, muss reprofiliert werden.

Radsätze, die auf besonders trassierten Strecken verkehren, z.B. mit engen Kurvenradien, können zur Entwicklung von Radunrundheiten ausserhalb der Messkreisebene neigen. Dabei können in der Messkreisebene durchaus geringere Unrundheiten festgestellt werden als ausserhalb davon. Die obenstehenden Werte sollen daher auch angewendet werden, wenn sich die Unrundheiten ausserhalb der Messkreisebene befinden.

~~5.6.2.1.16.6.2.1.1~~ ~~6.6.2.1.1~~ Formen von Rundlaufabweichungen

Bei der Rundlaufabweichung bzw. Unrundheit der Räder im Betrieb wird zwischen verschiedenen Erscheinungsformen unterschieden:

- Periodische Unrundheiten
 - Polygone (Wellenlänge grösser 80 mm)
 - Radriffel (Wellenlänge kleiner 80 mm)
- Nichtperiodische Unrundheiten
 - Flachstellen
 - Singuläre Abplattung

Periodische Unrundheiten entstehen durch nicht zentrische Bearbeitung, Wärmebehandlungsfehler, Flachstellen als Auslöser, Langzeitgleitvorgänge beim Bremsen, Hartstellen auf Grund kurzen Gleitens beim Bremsen, Scheibenschwingungen und Reibungsvorgängen bei Bogenfahrt sowie weiteren Einflüssen.

Polygone und Riffel entstehen und wachsen durch den natürlichen Verschleiss. Dieses Wachstum kann auf Basis von Betriebserfahrungen in gewissen Grenzen vorhergesagt werden, um zu einem geeigneten Zeitpunkt Massnahmen zu ergreifen. Die Ausprägung der Polygone ist in der Regel fahrzeugtypisch.

Nichtperiodische Unrundheiten entstehen in der Regel durch Gleitvorgänge beim Bremsen (Flachstellen) oder durch inhomogenes Radmaterial (singuläre Abplattung). Die Entstehung dieser Schäden ist nicht vorhersagbar.

~~5.6.2.26.6.2.2~~ ~~6.6.2.2~~ Planlaufabweichung g

Die maximal zulässige vorgegebene Planlaufabweichung g je Rad eines Radsatzes im Betrieb oder nach der Neufertigung beträgt:

Geschwindigkeitsbereich [km/h]	max. zulässige Planlaufabweichung g [mm]	
	nach dem Reprofilieren (SN EN 13260)	im Betrieb zulässig (SN EN 15313)
$v_{\max} \leq 120$	1.0 <u>0.8</u>	1.0
$120 < v_{\max} \leq 160$	0.8 <u>0.5</u>	0.8
$160 < v_{\max} \leq 200$	0.5	0.5
$v_{\max} > 200$	0.3 ^{a)}	0.3

~~Tabelle 6-18:~~ Tabelle 6-18: Maximal zulässige, vorgegebene Planlaufabweichung.

a) Die Toleranz sollte zum Zeitpunkt der Anfrage und Auftragserteilung vereinbart werden.

Die Planlaufabweichung wird 10 mm unterhalb des Radaufstandspunktes gemessen gemäss den Vorgaben in Abschnitt ~~14.3.6:~~ 14.3.6.

Zu grosser Planschlag führt zu Schwingungen und unsauberem Lauf. Ein Radsatz, der die vorgegebenen Grenzwerte für den Planschlag überschreitet, muss ausgetauscht und überarbeitet werden.

5.6.2.36.6.2.3 6.6.2.3 Durchmesserunterschied

Der maximale Durchmesserunterschied zwischen den zwei Laufkreisebenen eines Radsatzes sollte folgende Werte nicht überschreiten:

Geschwindigkeitsbereich [km/h]	max. zulässiger Durchmesserunterschied [mm]	
	nach dem Reprofilieren	im Betrieb zulässig ^{b)}
$v_{\max} \leq 200$	0.5	gemäss Betriebserfahrung
$v_{\max} > 200$	0.3 ^{a)}	gemäss Betriebserfahrung

Tabelle 6-19: Maximal zulässiger Durchmesserunterschied.

- a) Die Toleranz sollte zum Zeitpunkt der Anfrage und Auftragserteilung vereinbart werden.
 b) Es wird ein maximaler Durchmesserunterschied von 2 mm empfohlen. Dieser Wert ist jedoch kein Betriebsgrenzmass.

Es wird empfohlen, beim Reprofilieren einen maximalen Durchmesserunterschied von 0.2 mm anzustreben. Ein Durchmesserunterschied der Räder verursacht Schräglauf und damit erhöhten Verschleiss und Fahrwiderstand. Zusätzlich werden die Radsatzlager einseitig belastet, was zu Laufspuren und vorzeitigem Ausfall führt.

Der zulässige Durchmesserunterschied zwischen einzelnen Radsätzen in einem Fahrzeug oder Drehgestell ist direkt vom mechanischen Aufbau und von der Art des Antriebes sowie vom Aufbau des Gleit- und Schleuderschutzes abhängig.

Diese Werte müssen durch den Fahrzeughersteller angegeben werden.

Als Anhaltswerte für den maximalen Durchmesserunterschied zwischen den Radsätzen eines Fahrzeuges oder Drehgestells können folgende Grössen dienen:

Triebradsätze

- Stangenantrieb oder Kardanverbund, 0.5 – 1.5 mm
- Elektrisch gekoppelt, 3 – 5 mm
- Einzelachsenantrieb, elektrisch getrennt, 15 mm – beliebig

Lauftradsätze

- 2-achser mit Blattfedern, 20 mm – beliebig (Pufferhöhe beachten)
- Güterwagendrehgestelle Typ Y25, 18 – 20 mm
- Güterwagendrehgestelle mit Blattfedern, 18 – 20 mm
- Drehgestelle allgemein, Raddurchmesser > 760 mm, 15 – 20 mm
- Drehgestelle allgemein, Raddurchmesser < 760 mm, 10 – 20 mm

Diese Angaben gelten nur als grobe Richtwerte und sind in jedem Fall für die betroffene Fahrzeugbauart zu bestimmen. Soweit vorhanden, gelten die Angaben des Herstellers.

5.6.2.46.6.2.4 6.6.2.4 Unwucht

5.6.2.4.16.6.2.4.1 6.6.2.4.1 Zulässige dynamische Werte

Die Unwucht wird am voll montierten und bearbeiteten Radsatz in der Messkreisebene gemessen. Die Unwucht ist zwingend bei Radsätzen zu messen, die neu gefügt, neu bereift oder neu mit Radscheiben bestückt wurden. Nach Reprofilierungsarbeiten ist die Unwuchtmessung nicht verbindlich auszuführen.

Geschwindigkeitsbereich [km/h]	max. zulässige, dynamische Unwucht [gm]	Symbole
$v_{\max} \leq 100$	nicht definiert (Empfehlung: 150 gm)	—
$100 < v_{\max} \leq 120$	125 ^{a)}	E3
$120 < v_{\max} \leq 200$	75 (alle Fahrzeuge)	E2
$200 < v_{\max} \leq 250$	50 (alle Fahrzeuge)	E1

Tabelle 6-20-6-20: Maximal zulässige dynamische Unwucht: gemäss SN EN 13262

a. ~~— Wenn zum Zeitpunkt der Anfrage und Auftragserteilung vereinbart.~~

Für Triebradsätze können die Werte der dynamischen Unwucht zum Zeitpunkt der Anfrage und Auftragserteilung vereinbart werden, wobei zu beachten ist, dass nicht alle Bauarten von Triebradsätzen dynamisch gewuchtet werden können.

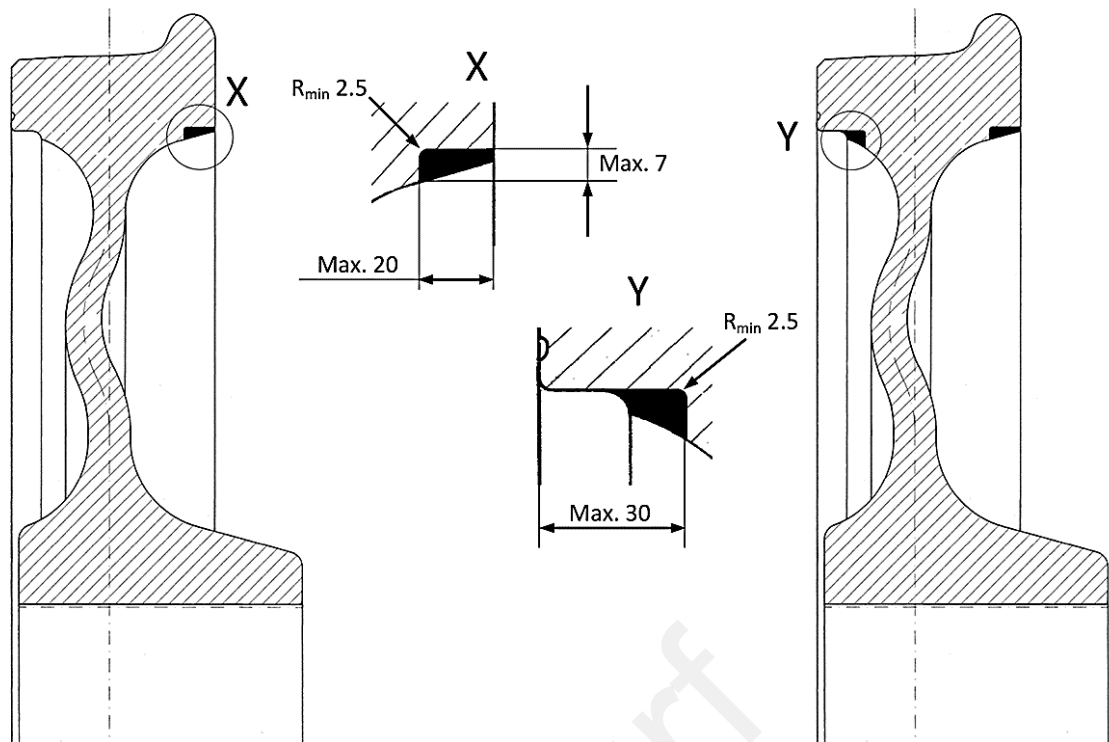
Ausserdem können die Werte für die statische Unwucht zum Zeitpunkt der Anfrage oder der Auftragserteilung vereinbart werden. Bei Laufradsätzen darf jedoch der Wert der statischen Unwucht des Radsatzes das Doppelte der oben angegebenen Werte der dynamischen Unwucht nicht überschreiten. Werden bei der Unwuchtmessung Werte ermittelt, die grösser als die vorgegebenen Grenzwerte sind, so ist der Radsatz auszuwuchten.

Grundsätzlich ist eine möglichst geringe Unwucht anzustreben. Dies hat einen positiven Einfluss auf den Fahrkomfort und die Belastung von Fahrzeug und Gleis durch reduzierte Schwingungen bei höheren Geschwindigkeiten sowie die Ausbildung von unrunder Rädern.

5.6.2.4.2 6.2.4.2 6.6.2.4.2 Beseitigung der Unwucht

Zum Auswuchten des Radsatzes sind gemäss den gängigen Vorschriften folgende Methoden zugelassen:

- Materialabtragung an der Radscheibe (sogenanntes Aussicheln) bei Vollrädern durch Ausfräsen oder exzentrisches Ausdrehen, dabei ist auf gut gerundete, kerbfreie Übergänge zu achten.
- Anschweissen von Auswuchtgewichten am Sprengring bei Rädern mit Radreifen, dazu ist die Zustimmung des Halters und eine spezielle Schweissanweisung notwendig, die Vorgaben der Normenreihe SN EN 15085 bezüglich Schweissen müssen eingehalten werden. Die Auswuchtgewichte dürfen nur direkt am Sprengring angeschweisst und nicht auf andere Auswuchtgewichte aufgesetzt werden.
- partielles Anbringen von Oberflächenbeschichtungen mit erheblicher Schichtdicke, in der Regel werden dazu Spezialfarben mit hohem Metallanteil verwendet.



Innenseitiges Aussicheln bei normalen Unwuchtwerten.

Innen- und aussenseitiges Aussicheln bei sehr hohen Unwuchtwerten.

Abb. 6.6.2-1: Abbildung 6-53: Aussicheln an Vollrädern.



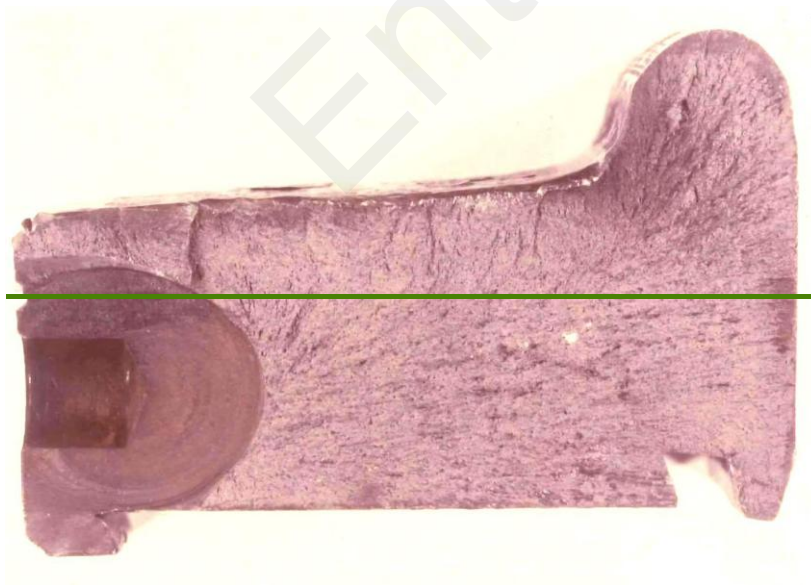


Abb. 6.6.2-2:

Abbildung 6-54: Angeschweisstes Gewicht am Sprengring-

Nicht gestattet ist das Ankleben von Auswuchtgewichten am Rad oder der Materialabtrag durch Bohrungen in die Stirnseite oder den Radrücken an Radreifen und Vollrädern. Bei Klebungen besteht die Gefahr des unkontrollierten Lösens der Verbindung, die Bohrungen im Radreifen und Vollrad sind Schwachstellen und können die Rissbildung fördern.

Bestehende Radsätze mit Auswuchtbohrungen können nach Beurteilung durch Fachpersonal und mit Einwilligung des Halters im Betrieb bleiben. Dies vor allem bei historischen Fahrzeugen und Fahrzeugen mit sehr geringer Laufleistung. Eine periodische Risskontrolle mittelsdurch Ultraschall wird empfohlen.



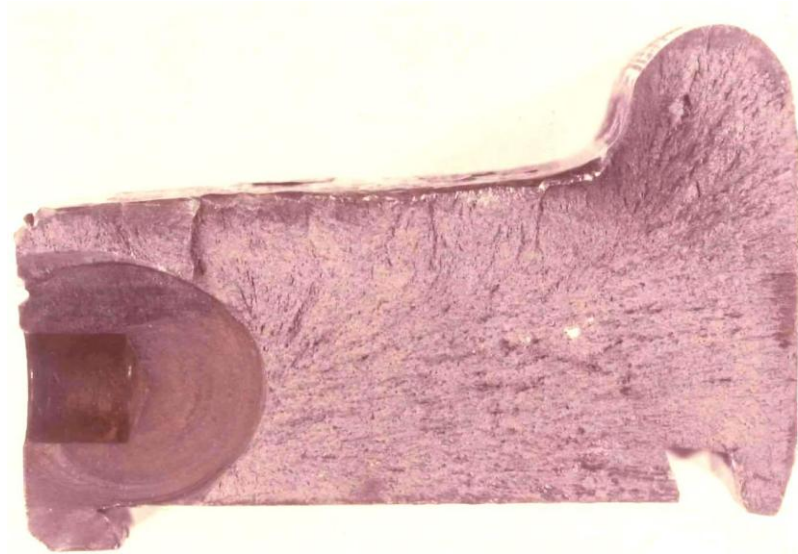


Abb. 6.6.2-3:

Abbildung 6-55: Radreifenbruch durch Auswuchtbohrung

5.6.2.56.6.2.5 6.6.2.5 Flachstellen und Materialauftragung

Flachstellen

Flachstellen entstehen durch das Gleiten des Rades auf der Schiene, in der Regel verursacht durch eine feste Bremse, einen gestörten Gleitschutz, einer angezogenen Handbremse oder Bremsungen mit dem Hemmschuh.

Die Lauffläche ist an der Stelle abgeflacht, es ist eine in der Regel ovale Fläche sichtbar. Am Rand der Flachstelle kann ein gleitender, nicht scharfkantiger Übergang vorliegen. Flachstellen können einzeln oder mehrfach am Radumfang auftreten, in der Regel gegenüberliegend an beiden Rädern des Radsatzes.

Flachstellen sind nicht mit Ausbröckelungen zu verwechseln (siehe Abschnitt ~~6.6.2.6~~ 6.6.2.6).

Materialauftragungen

Materialauftragungen entstehen durch Schleifen des Rades auf der Schiene (z.B. Schlupf, ruckartiges oder langsames Weiterdrehen), überhitztes und dabei abgelöstes Rad- bzw. Bremssohlenmaterial, welches zu punktförmigen Verschweissungen an örtlich überhitzten Stellen der Lauffläche auftritt, durch fließen des Radmaterials unter Bremswirkung sowie Unregelmässigkeiten am Bremssystem.

Die Lauffläche zeigt Materialanhäufungen in Form von Aufschweissungen bzw. Versinterungen von Bremssohlen- und Schienenmaterial. Materialauftragungen können einzeln oder mehrfach (oft in gleichem Abstand) auf der Lauffläche verteilt auftreten. Materialauftragungen können schuppenförmig ausgebildet sein und sind stets ein Hinweis auf thermische Überbeanspruchung der Räder.



Abb. 6.6.2-4 und 6.6.2-5: Flachstellen
Abbildung 6-56 und Abbildung 6-57: Flachstellen



Abbildung 6-58: Flachstelle mit Materialauftragung



Abbildung 6-59: Flachstelle mit Materialauftragung



Abb. 6.6.2-6: Flachstelle mit Materialauftragung.



Abb. 6.6.2-7: Flachstelle mit Materialauftragung.

Die folgenden Grenzwerte gelten gemeinsam für Flachstellen und Materialauftragung. Es wird die Länge der Flachstelle bewertet.

Flachstellen und Materialauftragungen, die die nachfolgend genannten Werte überschreiten, sind im Betrieb nicht zulässig:

Vorgaben der maximal im Betrieb zulässigen Länge von Flachstellen nach verschiedenen Quellen:

zulässige Radsatzlast m [t]		m ≤ 18		18 < m ≤ 20			20 < m ≤ 22.5			Quelle
Bauart Radsatz-Fahrzeugtyp	v [km/h] Rad-Ø [mm]	v ≤ 160	160 < v ≤ 200	v ≤ 120	120 < v ≤ 160	160 < v ≤ 200	v ≤ 120	120 < v ≤ 160	160 < v ≤ 200	Quelle
alle	1000 < d	80	60	80	60	50	80	60	50	SN EN 15313
alle	840 < d ≤ 1000	60	50	60	50	35	60	50	35	SN EN 15313
alle	630 < d ≤ 840	40	30	40	30	25	40	30	25	SN EN 15313
alle	550 < d ≤ 630	35	25	–	–	–	–	–	–	SN EN 15313
alle	d < 550	30	–	–	–	–	–	–	–	SN EN 15313
Vollrad-Güterwagen	$\frac{630 < 840}{d} \leq$	60	40	60	60	40	60	60	40	DIN 27204 AVV
Vollrad	$330 \leq d \leq 630$	40	–	40	40	–	–	–	–	DIN 27204
bereiftes Rad Rd ≥ 44 mm	$630 < d$	60	–	60	60	–	60	60	–	DIN 27204

bereiftes Rad Rad < 44 mm	630 < d ≤ 840	60 ^{a)} 40 ^{b)}	–	60 ^{a)} 40 ^{b)}	60 ^{a)} 40 ^{b)}	–	40	40	–	DIN 27204 AVV
alle		30	–	30	–	–	30	–	–	VPI-04
alle	– 630 ≤ d	60	60	60	60	60	60	60	60	AVV
alle	d < 630	30 ³⁵	30 [–]	35 [–]	–	–	35 [–]	–	–	AVV

Tabelle 6-21: Maximal im Betrieb zulässigen Länge von Flachstellen [mm] nach verschiedenen Quellen:

a. – Gültig für Wagen.

b. – Gültig für Triebfahrzeuge.

– : Keine Anwendung bekannt.

Vorgabe für den Grenzwert von Flachstellen:

Raddurchmesser d [mm] Fahrzeugbauart	max. zulässige Länge L Raddurchmesser d [mm] ^{a)}	max. zulässige Fahrgeschwindigkeit Länge L [mm] ^{a)}	max. zulässige Radsatzlast Fahrgeschwindigkeit
Güterwagen	840 ≤ d	60	–
630 ≤ d	60 630 < d ≤ 840	v ≤ 200 km/h 40	bis 22,5 t –
– d < 630	30 d < 630	v ≤ 200 km/h 35	bis 18 t –
Reisezugwagen	–	60	v ≤ 160 km/h
	–	30	v > 160 km/h

Tabelle 6-22: Vorgaben für den Grenzwert von Flachstellen:

a) Geringere Werte für im Betrieb zugelassene Flachstellen können vom Fahrzeughalter festgelegt werden.

Flachstellen und Materialauftragungen führen zu Fahrkomfortverschlechterungen und erhöhter Belastung von Fahrzeug und Gleis. Ein Radsatz, der die vorgegebenen Werte überschreitet, muss behandelt werden.

Die vorgeschlagenen Grenzwerte basieren auf den aktuellen Grenzwerten nach AVV-gemäss Fehlerkatalog BAV. Oberhalb dieser Grenzen muss mit einer Schädigung von Infrastruktur und Fahrzeug gerechnet werden.

Die Auswirkungen auf den Fahrkomfort sind in den Grenzwerten gemäss Tabelle 6-21 und 6-22 Tabelle 6-22 nicht berücksichtigt. Je nach Fahrzeugtyp kann der Fahrkomfort bereits bei wesentlich kleineren Schäden massiv beeinträchtigt werden. Aus diesem Grund wird eine Flachstelle von bis zu 60 mm Länge wohl kaum in der Praxis an Reisezugwagen oder an Triebfahrzeugen im Betrieb akzeptiert werden. Es wird empfohlen, dass der Fahrzeughalter für die Praxis angepasste Grenzwerte und Restlaufzeiten definiert, die unter den Vorgaben der oben aufgeführten Empfehlung liegen. Unabhängig von der Grösse einer Flachstelle oder Materialauftragung soll eine Behandlung solcher Schäden so rasch wie möglich erfolgen. Dies besonders deshalb, weil der längere Einsatz solcher Radsätze zu Folgeschäden an Radsatzlagerung und Federung führen kann.

~~5.6.2.6~~ ~~6.6.2.6~~ ~~6.6.2.6~~ Ausbröckelungen

Ausbröckelungen entstehen sowohl durch thermische als auch mechanische Beanspruchung, oft in Verbindung miteinander.

Die thermische Überbeanspruchung wird in der Regel durch Überbremsen, Gleiten, Schleudern oder erhöhten Schlupf und damit einhergehender Materialumwandlung ausgelöst und bildet meist Netzmuster auf der Lauffläche

Die mechanische Überbeanspruchung kann verschiedenartige Ursachen haben und zeichnet sich oft durch Fischgrätmuster auf der Lauffläche ab.



~~Abb. 6.6.2.8~~ ~~Abbildung 6_60~~: Fischgrätmuster (rote Linie = Messkreisdurchmesser, Höhe Bildausschnitt ca. 70 mm)

Bei der Ausbröckelung lösen sich aus der Lauffläche Materialteile heraus. Die Ränder verlaufen meist scharfkantig zur Lauffläche. Ausbröckelungen treten vorwiegend im mittleren Laufflächenbereich auf und können einzeln oder mehrfach über den Umfang verteilt auf der Lauffläche sein.

Ausbröckelungen sind nicht mit Flachstellen zu verwechseln (siehe Abschnitt ~~6.6.2.5~~ ~~6.6.2.5~~).



Abbildung 6-61: Ausbröckelung

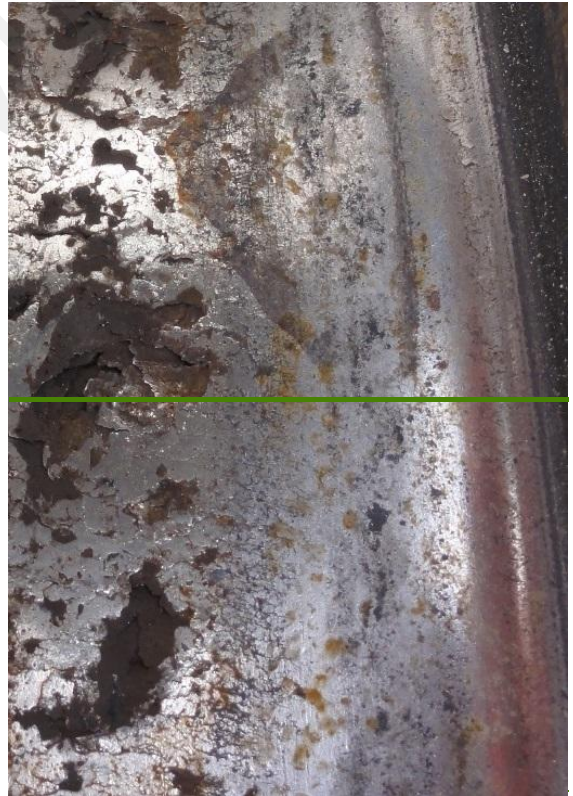


Abbildung 6-62: Ausbröckelung

Abb. 6.6.2-9 bis Abb. 6.6.2-12: Ausbröckelungen

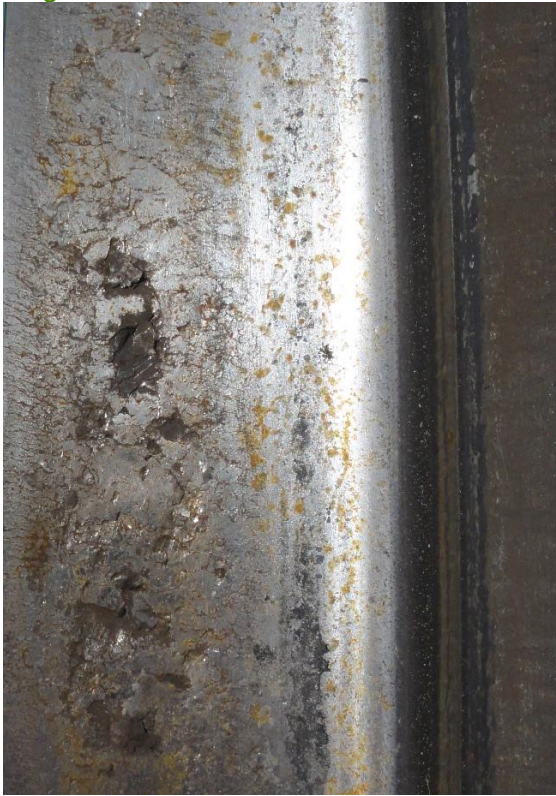


Abbildung 6_63: Ausbröckelung



Abbildung 6_64: Ausbröckelung

Es wird die Länge der Ausbröckelung bewertet. Ausbröckelungen, welche die nachfolgend genannten Werte überschreiten, sind im Betrieb nicht zulässig:

zulässige Radsatzlast m [t]		$m \leq 18$		$18 < m \leq 20$			$20 < m \leq 22.5$			Quelle
Bauart Radsatz-Fahrzeugtyp	v [km/h]	$v \leq 160$	$160 < v \leq 200$	$v \leq 120$	$120 < v \leq 160$	$160 < v \leq 200$	$v \leq 120$	$120 < v \leq 160$	$160 < v \leq 200$	Quelle
	Rad-Ø [mm]									
alle	$1000 < d$	80	60	80	60	50	80	60	50	SN EN 15313
alle	$840 < d \leq 1000$	60	50	60	50	35	60	50	35	SN EN 15313
alle	$630 < d \leq 840$	40	30	40	30	25	40	30	25	SN EN 15313
alle	$550 < d \leq 630$	35	25	–	–	–	–	–	–	SN EN 15313
alle	$d < 550$	30	–	–	–	–	–	–	–	SN EN 15313
Laufbandsatz	$630 < d$	60	40	60	60	40	40	40	–	DIN 27204
Laufbandsatz	$330 \leq d \leq 630$	40	–	40	40	–	–	–	–	DIN 27204
Triebbandsatz	beliebig	30	30	30	30	30	30	30	30	DIN 27204
alle Güterwagen	$630 \leq d$	60	60	60	60	60	60	60	60	AVV
	$630 < d \leq 840$	40	–	40	40	–	40	40	–	AVV
alle	$d < 630$	30	30	30	30	30	30	30	30	AVV

Tabelle 6-23: 6-23: Maximal im Betrieb zulässigen Länge von Ausbröckelungen [mm] nach verschiedenen Quellen.

–: Keine Anwendung bekannt.

Vorgabe für den Grenzwert von Ausbröckelungen:

Raddurchmesser d [mm] Fahrzeugbauart	max. zulässige Länge L Raddurchmesser d [mm] ^{a)}	max. zulässige Fahrgeschwindigkeit v [km/h] ^{a)}	max. zulässige Radsatzlast- Dimension Tiefe x Breite [mm]
$630 \leq d$ Güterwagen	$60 \leq d \leq 840$	$v \leq 200$ km/h	bis 22.5 t x 20
	$630 < d \leq 840$	40	2 x 15
$d < 630$	$30 \leq d < 630$	$v \leq 200$ km/h	bis 18 t x 15
Reisezugwagen	–	60	–

Tabelle 6-24: 6-24: Vorgaben für den Grenzwert von Ausbröckelungen.

- a) Geringere Werte für im Betrieb zugelassene Ausbröckelungen können vom Fahrzeughalter festgelegt werden.

Die vorgeschlagenen Grenzwerte basieren auf den aktuellen Grenzwerten nach AVVgemäss Fehlerkatalog BAV. Oberhalb dieser Grenzen muss mit einer Schädigung von Infrastruktur und Fahrzeug gerechnet werden.

Die Auswirkungen auf den Fahrkomfort sind nicht berücksichtigt. Je nach Fahrzeugtyp kann der Fahrkomfort bereits bei wesentlich kleineren Schäden massiv beeinträchtigt werden. Aus diesem Grund wird eine Ausbröckelung von bis zu 60 mm Länge wohl kaum in der Praxis an Reisezugwagen oder an Triebfahrzeugen im Betrieb akzeptiert werden. Es wird empfohlen, dass der Fahrzeughalter für die Praxis angepasste Grenzwerte definiert, die unter den Vorgaben der oben aufgeführten Empfehlung liegen. Unabhängig von der Grösse einer Ausbröckelung soll eine Behandlung solcher Schäden so rasch wie möglich erfolgen. Dies besonders deshalb, weil der längere Einsatz solcher Radsätze zu Folgeschäden an Radsatzlagerung und Federung führen kann.

5.6.2.76.6.2.7 6.6.2.7 Spurkranzkuppe

Geometrische Fehler wie Materialverschiebungen und Materialfehlstellen im Bereich der Spurkranzkuppe müssen bewertet werden.

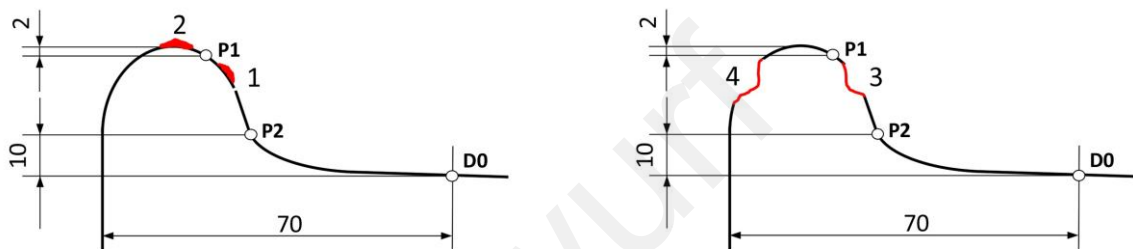


Abb. 6.6.2-13: Abbildung 6-65: Fehler am Spurkranz.

Materialverschiebungen

Materialverschiebungen oberhalb des Messpunktes P1 für das q_R -Mass sind zulässig, wenn das q_R -Mass grösser als 6.5 ist (Abb. 6.6.2-13 (Abbildung 6-65 Stelle 2)).

Materialverschiebungen innerhalb des Messbereichs P1 – P2 für das q_R -Mass sind nur zulässig, wenn sie die korrekte Messung des q_R -Masses nicht beeinflussen (Abb. 6.6.2-13 (Abbildung 6-65 Stelle 1)).

Wenn die q_R -Messung beeinflusst wird, ist die Materialverschiebung örtlich z.B. mittels Feile zu entfernen und das q_R -Mass zu messen. Bei genügend grossem q_R -Mass kann dem Fahrzeug eine zu definierende Restlaufleistung bis zum nächsten R0 zugestanden werden.

Materialfehlstellen

Materialausbrüche im Spurkranz sind nicht zulässig (Abb. 6.6.2-13 (Abbildung 6-65 Stellen 3 und 4)).

5.6.2.86.6.2.8 6.6.2.8 Beurteilung der Lauffläche von Radsätzen

Bei der visuellen Beurteilung von Laufflächen können mit einer gewissen Erfahrung bereits Rückschlüsse auf die weitere Einsatzdauer des Rades gemacht werden. Die Beurteilung ist jedoch stets vom Fahrzeugtyp, vom verwendeten Radsatzmaterial und des Fahrzeugeinsatzes abhängig. Für genaue Prognosen braucht es viel Erfahrung. Bei der Bewertung ist mit grosser Sorgfalt vorzugehen, da eine falsche Beurteilung unter Umständen im weiteren Betrieb grössere Schäden am Radsatz verursachen kann.

Die nachfolgenden Ausführungen sollen bei der Beurteilung helfen und einen Anhaltspunkt beim Auftreten von besonderen Erscheinungen auf der Lauffläche geben. Sie sind jedoch weder vollständig noch abschliessend.

Für die Beurteilung von Flachstellen und Ausbröckelungen bezüglich deren Zulässigkeit im Betrieb ist der Abschnitt 6.6.2.5 sowie 6.6.2.6 6.6.2.5 sowie 6.6.2.6 massgebend.

Von Vorteil ist bei allen auftretenden Fehlern aus dem Bereich Flachstellen, Ausbröckelungen und Rissen durch Rollkontaktermüdung (RCF-Risse) auf der Lauffläche die baldmögliche Beseitigung durch eine Reprofilierung, unabhängig davon, ob bereits ein Betriebsgrenzmass erreicht wurde. Alle diese Fehler bewirken in der Regel eine Unrundheit des Rades, was im Betrieb über die dynamischen Kräfte zur Verschlechterung des aktuellen Zustandes und zur weiteren Schädigung der Lauffläche sowie zu Komforteinbussen führt.

5.6.2.8.1 6.6.2.8.1 **RCF-Risse («Rolling Contact Fatigue» bzw. Fischgrätmuster)**

Mit der Einführung von scheibengebremsen Radsätzen wurde häufiger die Erscheinung von kleinen Rissen auf der Lauffläche festgestellt, die in fischgrätartig ausgerichteter Form auftreten. Im Gegensatz zum bekannten Rissmuster bei klotzgebremsen Rädern («Krötenhaut»), wo die Risse durch Wärmeeinwirkung vom Bremsen entstehen, handelt es sich bei den fischgrätartigen Rissen um ermüdetes Material, das ausgewalzt und nicht wie bei klotzgebremsen Rädern durch die Bremsklötze abgeschliffen wird.

Da es sich bei diesem Vorgang um eine Materialermüdung durch den Rollkontakt auf der Schiene handelt, spricht man hier von einer Rollkontaktermüdung bzw. verwendet die Abkürzung RCF für den englischen Ausdruck «Rolling Contact Fatigue» für Rollkontaktermüdung.

Das Auftreten von RCF-Rissen auf der Lauffläche ist grundsätzlich unproblematisch, solange nicht gleichzeitig Ausbröckelungen vorhanden sind. RCF-Risse mit Ausbröckelungen treten besonders dann in Erscheinung, wenn vorgängig RCF-Risse in der am meisten beanspruchten Zone der Lauffläche (Messkreisebene) vorhanden waren. Laufflächen mit RCF-Rissen ausserhalb der Messkreisebene deuten darauf hin, dass die natürliche Raddurchmesserabnutzung gross genug ist, um die laufend entstehenden RCF-Risse herauszuarbeiten. Das Auftreten von RCF-Rissen wird in Zonen klassifiziert und kann Rückschlüsse auf das Laufverhalten des betroffenen Radsatzes ermöglichen (siehe Abb. 6.6.2-16 Abbildung 6-68).

Fortgeschrittene RCF-Schädigung mit gleichzeitigen Ausbröckelungen führt zu Radunrundheiten und letztendlich stark anwachsenden Ausbröckelungen von Material. Durch frühzeitiges Abdrehen des geschädigten Materials kann den Ausbröckelungen vorgebeugt werden.

Tiefer gehende Risse können unter Umständen zum Bruch der Radscheibe oder des Radreifens führen.



Abb. 6.6.2 14: RCF Risse



Abb. 6.6.2 15: Abbildung 6-67: Krötenhaut

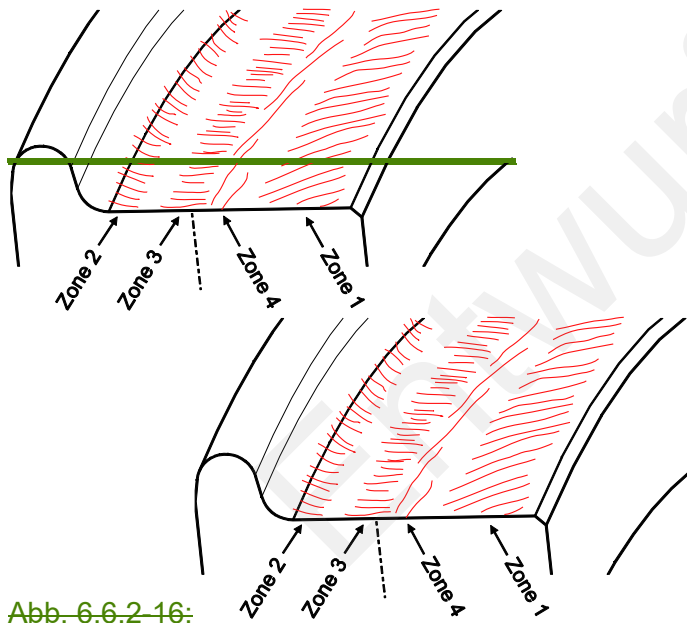


Abb. 6.6.2 16:

Abbildung 6-68: Einteilung der RCF-Zonen auf der Lauffläche

5.6.2.8.26.6.2.8.2 6.6.2.8.2 Radsätze mit Bremsscheiben

Bei Radsätzen mit Bremsscheiben kommt es auf den Laufflächen zu Ausbildungen, die bei Radsätzen mit Klotzbremsen nicht in dieser Form oder Ausprägung bekannt sind.



Laufradsatz mit Scheibenbremse: RCF-Risse auf der Lauffläche.

Der Radsatz kann problemlos weiter verkehren. Über eine allfällige präventive Reprofilierung muss auf Basis von Betriebs-erfahrungenBe-triebserfahrungen entschieden werden.

Massnahmen:

- weiterfahren

Abbildung 6-69: Laufradsatz mit Scheibenbremse: RCF-Risse auf der Lauffläche.



Laufradsatz mit Scheibenbremse Lauffläche in einwandfreiem Zu- stand ohne erkennbare Schäden.

Massnahmen:

- weiterfahren

Abbildung 6-70: Laufradsatz mit Scheibenbremse: Lauffläche in einwandfreiem Zustand ohne erkennbare Schäden.



**Laufbandsatz mit Scheibenbremse
RCF-Risse auf der Lauffläche mit
beginnender Ausbröckelung des
überwalzten Materials.**

Der Radsatz kann in Betrieb
bleiben, wird aber keine grosse
Laufleistung mehr erbringen.
Allenfalls ist über ein präventives
Reprofilieren zu entscheiden, um
das geschädigte Material abzutragen.

Massnahmen:

- weiterfahren
- je nach Betriebserfahrung
Reprofilierung einplanen

Abb. 6-6-2-17: Abbildung 6-71: Laufbandsatz mit Scheibenbremse: RCF-Risse auf der Lauffläche mit be-
ginnender Ausbröckelung des überwalzten Materials.



**Laufbandsatz mit Scheibenbremse
Ausbröckelungen durch Marten-
sitbildung infolge Gleitens beim
Bremsen.**

Der Radsatz kann in Betrieb
belassen werden, sofern die
Ausbröckelungen keinen negativen
Einfluss auf den Fahrkomfort
haben.

Massnahmen:

- weiterfahren

Abbildung 6-72: Laufbandsatz mit Scheibenbremse: Ausbröckelungen durch Martensitbildung infolge Gleitens beim Bremsen.



Laufradsatz mit Scheibenbremse
Grösseren Eindrückungen, ver-
mutlich durch das Überfahren
von Steinen oder Schotter auf
Baustellen entstanden.

Der Radsatz sollte abhängig vom
Einsatz des Fahrzeuges reprofiliert
werden.

Massnahmen:

- weiterfahren
- Reprofilierung einplanen

Abbildung 6-73: Laufradsatz mit Scheibenbremse: Grösseren Eindrückungen, vermutlich durch das Überfahren von Steinen oder Schotter auf Baustellen entstanden.



Triebradsatz mit Scheiben-
bremse
«Sternenhimmel»-Muster auf der
Lauffläche (Eindrückungen durch
Sand).

Der Radsatz kann ohne Probleme in
Betrieb bleiben.

Massnahmen:

- weiterfahren

Abbildung 6-74: Triebradsatz mit Scheibenbremse: «Sternenhimmel»-Muster auf der Lauffläche (Eindrückungen durch Sand).



**Triebradsatz mit Scheiben-
bremse**

Linienförmige, kurze Riefen, hervorgerufen durch Sand und Schlupf des Rades.

Der Radsatz kann ohne Probleme in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

- weiterfahren

Abbildung 6-75: Triebradsatz mit Scheibenbremse: Linienförmige, kurze Riefen, hervorgerufen durch Sand und Schlupf des Rades.



**Triebradsatz mit Scheiben-
bremse**

**Ausbröckelungen durch RCF-
Risse.**

Der Radsatz muss demnächst reprofiliert werden.

Massnahmen:

- weiterfahren, sofern aus Komfortgründen noch tragbar und kein Betriebsgrenzmass bezüglich Ausbröckelungen verletzt werden
- baldige Reprofilierung einplanen

Abbildung 6-76: Triebradsatz mit Scheibenbremse: Ausbröckelungen durch RCF-Risse.



Laufadsatz mit Scheibenbremsen

**Laufadsatz mit hoher Radsatzlast (Schienenkran). Auf der Lauf-
fläche löst sich bereits folienartig
ausgewalztes Material als Folge
fortgeschrittener RCF-Schädi-
gung und als Vorankündigung für
bald ein-setzendes Ausbröckeln.**

Der Radsatz muss in absehbarer
Zeit reprofiliert werden.

Massnahmen:

- weiterfahren
- baldige Reprofilierung einplanen

Abbildung 6-77: Laufadsatz mit Scheibenbremsen: Laufadsatz mit hoher Radsatzlast (Schienenkran).



Laufadsatz mit Scheibenbremsen

**Materialauftragung durch feste
Bremsse während der Fahrt.**

Der Radsatz muss behandelt
werden.

Massnahmen:

- Radsatz reprofilieren

Abbildung 6-78: Laufadsatz mit Scheibenbremsen: Materialauftragung durch feste Bremsse während der Fahrt.

6.6.2.8.3 Klotzgebremste Radsätze mit Grauguss-Sohlen



Laufradsatz mit ~~Scheiben-~~
bremse: Grauguss-Bremssohlen
Lauffläche in einwandfreiem
Zustand ohne erkennbare Schä-
den.

Der Radsatz kann ohne Probleme in
Betrieb bleiben.

Massnahmen:

- weiterfahren

Abb. 6.6.2-18: Abbildung 6-79: Laufradsatz mit ~~Scheibenbremse~~ Grauguss-Bremssohlen: Lauffläche in einwandfreiem Zustand ohne erkennbare Schäden.



Laufbandsatz mit Scheibenbremse:
~~RCF-Risse auf der Lauffläche mit beginnender Ausbröckelung des überwalzten Materials.~~

Triebsatz mit Gusssohlen
Wärmerisse vom Bremsen und Materialverschiebung durch Traktionskräfte, ein Ansatz zur Polygonisierung ist vorhanden (Scheckenmuster).

Der Radsatz kann in Betrieb bleiben, ~~wird aber keine grosse auf Basis von Betriebserfahrungen und bisher erbrachter Laufleistung mehr erbringen.~~
~~Allenfalls~~ ist über ein präventives Reprofilieren zu entscheiden, ~~um das geschädigte Material abzutragen.~~

Massnahmen:

- weiterfahren
- je nach Betriebserfahrung Reprofilierung einplanen-

Abbildung 6-80: Triebsatz mit Gusssohlen: Wärmerisse vom Bremsen und Materialverschiebung durch Traktionskräfte, ein Ansatz zur Polygonisierung ist vorhanden (Scheckenmuster).



Abb. 6.6.2-19: Laufbandsatz mit Scheibenbremse: RCF-Risse auf der Lauffläche mit beginnender Ausbröckelung des überwalzten Materials.

Triebradsatz mit Gusssohlen
Risse und Ausbröckelungen durch Materialermüdung und ggf. Bremsflecken.

Der Radsatz muss demnächst reprofiliert werden.

Massnahmen:

- sofern aus Komfortgründen noch tragbar und kein Betriebsgrenzmass bezüglich Ausbröckelungen verletzt wird geringe Restlaufleistung zugestehen (ca. 1 Woche)
- baldige oder unverzügliche Reprofilierung einplanen

Abbildung 6-81: Triebradsatz mit Gusssohlen: Risse und Ausbröckelungen durch Materialermüdung.



Laufradsatz mit Scheibenbremse:
Ausbröckelungen durch Martensit-
bildung infolge Gleitens beim
Bremsen.

Triebradsatz mit Gusssohlen
Querrisse auf der Lauffläche
durch Traktions- und Brems-
kräfte.

Je nach Beurteilung der Risse muss
der Radsatz überdreht werden oder
kann so wieder in den Betrieb
belassen werden, sofern die
Ausbröckelungen keinen negativen
Einfluss auf den Fahrkomfort
haben.

Massnahmen:

- weiterfahren
- je nach Betriebserfahrung
Reprofilierung einplanen

Abb. 6.6.2-20: Laufradsatz mit Scheibenbremse: Ausbröckelungen durch Martensitbildung infolge
Gleitens beim Bremsen. Abbildung 6-82: Triebradsatz mit Gusssohlen: Querrisse auf
der Lauffläche durch Traktions-
und Bremskräfte.



Triebradsatz mit Gusssohlen
Scheckenmuster durch beginnende Polygonisierung und damit nicht mehr vollständig überschleifender Bremssohle.

Der Radsatz kann ohne Probleme in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

– weiterfahren

Abbildung 6-83: Triebradsatz mit Gusssohlen: Scheckenmuster durch beginnende Polygonisierung und damit nicht mehr vollständig überschleifender Bremssohle.

6.6.2.8.4 Klotzgebremste Radsätze mit Kunststoff-Sohlen



Triebradsatz mit K-Sohlen
Kleine Eindrückung mit Schleif-
spuren der K-Sohle.

Die Lauffläche ist in einwandfreiem
Zustand.

Massnahmen:

– weiterfahren

Abbildung 6-84: Triebradsatz mit K-Sohlen: Kleine Eindrückung mit Schleifspuren der K-Sohle.



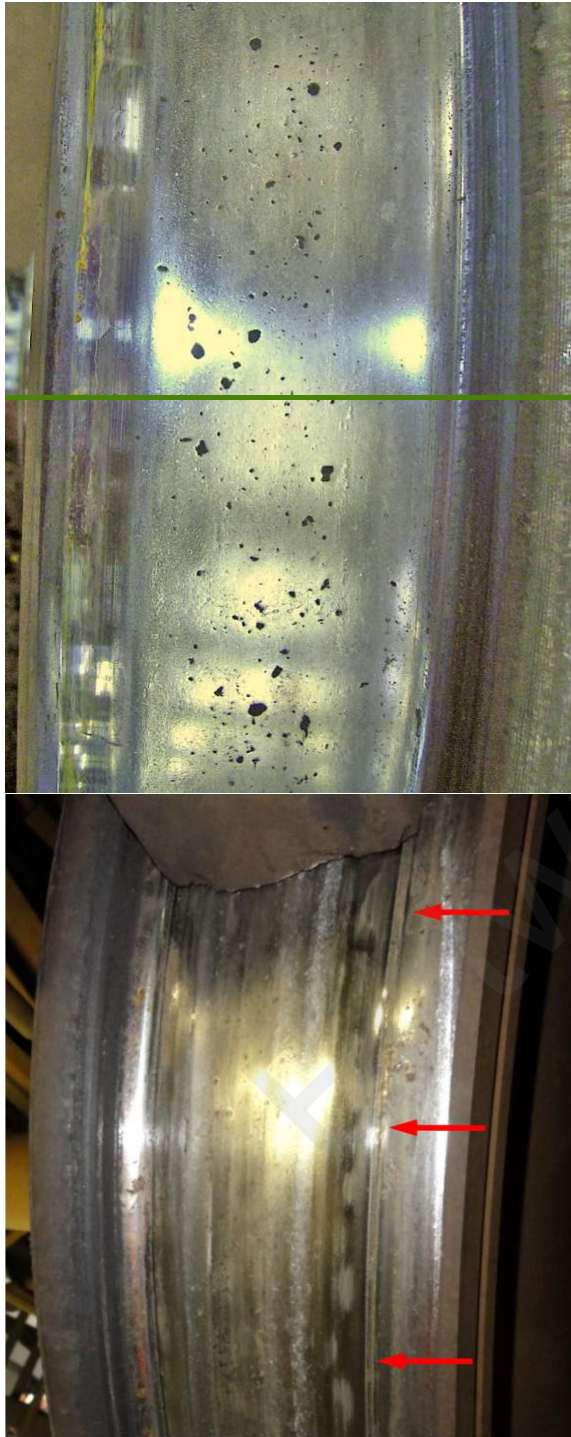
Lauftradsatz mit K-Sohlen
RCF-Schäden und Ausbröcke-
lung durch verschlepten Scha-
den aus Gleitvorgängen.

Massnahmen:

– Ausbröckelung beurteilen

– Radsatz reprofiliert

Abbildung 6-85: Lauftradsatz mit K-Sohlen: RCF-Schäden und Ausbröckelung durch verschlepten Schaden aus Gleitvorgängen.



Laufradsatz mit Scheibenbremse:
~~Grösseren Eindrückungen, vermutlich durch das Überfahren von Steinen oder Schotter auf Baustellen entstanden.~~

Der Radsatz sollte abhängig vom Einsatz des Fahrzeuges reprofiliert werden.

Laufradsatz mit K-Sohlen
Einschleifspuren (Mulden) der K-Sohlen (bei den roten Pfeilen).

Massnahmen:

- Einlaufspuren beurteilen, weiterfahren
- Reprofilierung einplanen, Reibfläche der K-Sohlen kontrollieren, gegebenenfalls egalisieren oder ersetzen
- bei massiven Einlaufspuren Radsatz reprofilieren (Mulden-tiefe > 2 mm)

Abb. 6.6.2-21: ~~Laufradsatz mit Scheibenbremse: Grösseren Eindrückungen, vermutlich durch das Überfahren von Steinen oder Schotter auf Baustellen entstanden.~~ Abbildung 6_86: Laufradsatz mit K-Sohlen: Einschleifspuren (Rillen) der K-Sohlen.



Triebradsatz mit Scheibenbremse:

«Sternenhimmel»-Muster auf der Lauffläche (Eindrückungen durch Sand).

Der Radsatz kann ohne Probleme in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

— weiterfahren

Abb. 6.6.2-22: Triebradsatz mit Scheibenbremse: «Sternenhimmel»-Muster auf der Lauffläche (Eindrückungen durch Sand).



Triebradsatz mit Scheibenbremse:

Linienförmige, kurze Riefen, hervorgerufen durch Sand und Schlupf des Rades.

Der Radsatz kann ohne Probleme in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

— weiterfahren

Abb. 6.6.2-23: Triebradsatz mit Scheibenbremse: Linienförmige, kurze Riefen, hervorgerufen durch Sand und Schlupf des Rades.



Triebradsatz mit Scheibenbremse:

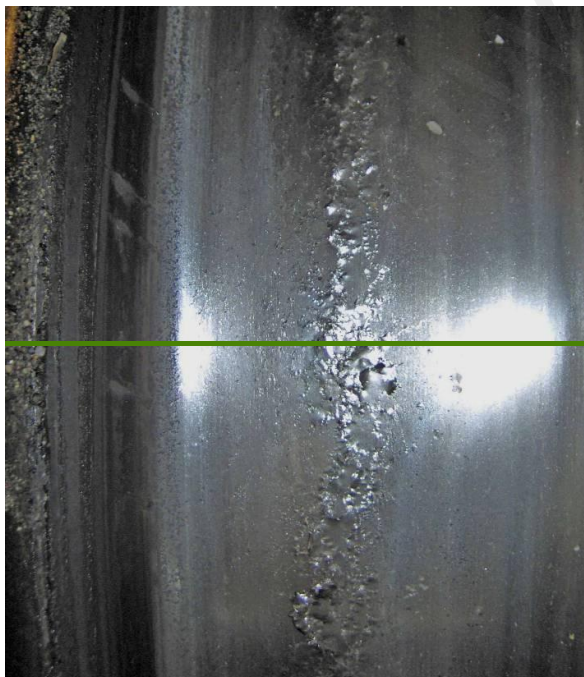
Ausbröckelungen durch RCF-Risse.

Der Radsatz muss demnächst reprofiliert werden.

Massnahmen:

- Weiterfahren, sofern aus Komfortgründen noch tragbar und kein Betriebsgrenzmass bezüglich Ausbröckelungen verletzt werden.
- Baldige Reprofilierung einplanen.

Abb. 6.6.2-24: — Triebradsatz mit Scheibenbremse: Ausbröckelungen durch RCF-Risse.



Lauftradsatz mit Scheibenbremsen:

Lauftradsatz mit hoher Radsatzlast (Schienenkran). Auf der Lauffläche löst sich bereits folienartig ausgewalztes Material als Folge fortgeschrittener RCF-Schädigung und als Vorankündigung für bald einsetzendes Ausbröckeln.

Der Radsatz muss in absehbarer Zeit reprofiliert werden.

Massnahmen:

- weiterfahren
- Baldige Reprofilierung einplanen.

Abb. 6.6.2-25: — Lauftradsatz mit Scheibenbremsen: Lauftradsatz mit hoher Radsatzlast (Schienenkran).



Laufradsatz mit Scheibenbremsen:

Materialauftragung durch feste Bremse während der Fahrt.

Der Radsatz muss behandelt werden.

Massnahmen:

— Radsatz reprofilierten.

Abb. 6.6.2-26: Laufradsatz mit Scheibenbremsen: Materialauftragung durch feste Bremse während der Fahrt.

6.6.2.8.3 Klotzgebremste Radsätze mit Grauguss-Sohlen



Laufradsatz mit Grauguss-Bremssohlen:

Lauffläche in einwandfreiem Zustand ohne erkennbare Schäden.

Der Radsatz kann ohne Probleme in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

— weiterfahren

Abb. 6.6.2-27: Laufradsatz mit Grauguss-Bremssohlen: Lauffläche in einwandfreiem Zustand ohne erkennbare Schäden.



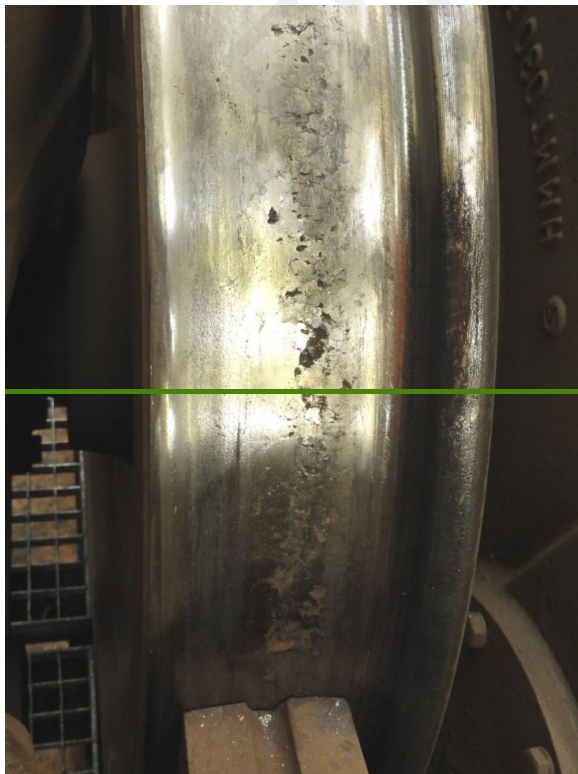
Triebradsatz mit Gusssohlen:
Wärmerisse vom Bremsen und Materialverschiebung durch Traktionskräfte, ein Ansatz zur Polygonisierung ist vorhanden (Scheckenmuster).

Der Radsatz kann in Betrieb bleiben, auf Basis von Betriebserfahrungen und bisher erbrachter Laufleistung ist über ein präventives Reprofilieren zu entscheiden.

Massnahmen:

- weiterfahren
- Je nach Betriebserfahrung Reprofilierung einplanen.

Abb. 6.6.2-28: *Triebradsatz mit Gusssohlen: Wärmerisse vom Bremsen und Materialverschiebung durch Traktionskräfte, ein Ansatz zur Polygonisierung ist vorhanden (Scheckenmuster).*



Triebradsatz mit Gusssohlen:
Risse und Ausbröckelungen durch Materialermüdung und ggf. Bremsflecken.

Der Radsatz muss demnächst reprofiliert werden.

Massnahmen:

- Sofern aus Komfortgründen noch tragbar und kein Betriebsgrenzmass bezüglich Ausbröckelungen verletzt wird geringe Restlaufleistung zugestehen (ca. 1 Woche).
- Baldige oder unverzügliche Reprofilierung einplanen.

Abb. 6.6.2-28A: *Triebradsatz mit Gusssohlen: Risse und Ausbröckelungen durch Materialermüdung.*



Triebradsatz mit Gusssohlen:
Querrisse auf der Lauffläche durch Traktions- und Bremskräfte.

Je nach Beurteilung der Risse muss der Radsatz überdreht werden oder kann so wieder in den Betrieb.

Massnahmen:

- weiterfahren
- Je nach Betriebserfahrung Reprofilierung einplanen.

Abb. 6.6.2 29: ~~Triebradsatz mit Gusssohlen: Querrisse auf der Lauffläche durch Traktions- und Bremskräfte.~~



Triebradsatz mit Gusssohlen:
Scheidenmuster durch beginnende Polygonisierung und damit nicht mehr vollständig überschleifender Bremssohle.

Der Radsatz kann ohne Probleme in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

- weiterfahren

Abb. 6.6.2 30: ~~Triebradsatz mit Gusssohlen: Scheidenmuster durch beginnende Polygonisierung und damit nicht mehr vollständig überschleifender Bremssohle.~~

6.6.2.8.4 Klotzgebremste Radsätze mit Kunststoff-Sohlen



Triebradsatz mit K-Sohlen:
Kleine Eindrückung mit Schleifspuren der K-Sohle.

Die Laufläche ist in einwandfreiem Zustand.

Massnahmen:
 — weiterfahren

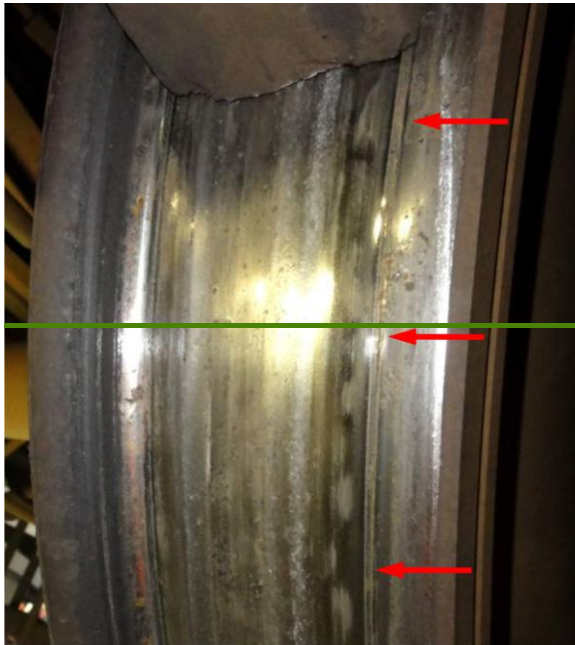
Abb. 6.6.2 31: ~~Triebradsatz mit K-Sohlen: Kleine Eindrückung mit Schleifspuren der K-Sohle.~~



Laufbradsatz mit K-Sohlen:
RCF-Schäden und Ausbröckelung durch verschleppten Schaden aus Gleitvorgängen.

Massnahmen:
 — Ausbröckelung beurteilen.
 — Radsatz reprofilierten.

Abb. 6.6.2 32: ~~Laufbradsatz mit K-Sohlen: RCF-Schäden und Ausbröckelung durch verschleppten Schaden aus Gleitvorgängen.~~



Laufradsatz mit K-Sohlen:
Einschleifspuren (Mulden) der
K-Sohlen (bei den roten Pfeilen).

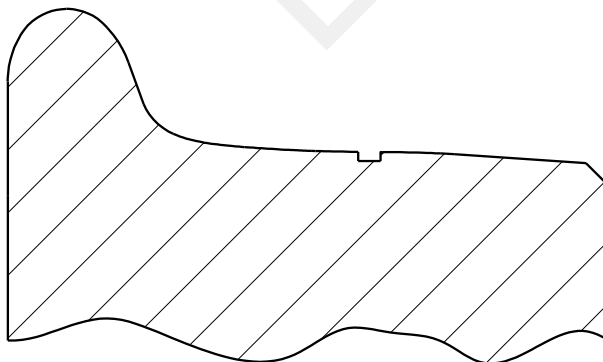
Massnahmen:

- Einlaufspuren beurteilen,
weiterfahren.
- Reibfläche der K-Sohlen
kontrollieren, gegebenenfalls
egalisieren oder ersetzen.
- Bei massiven Einlaufspuren
Radsatz reprofilieren (Mulden-
tiefe > 2 mm).

Abb. 6.6.2-33: Laufradsatz mit K-Sohlen: Einschleifspuren (Rillen) der K-Sohlen.

Bei klotzgebremsten Radsätzen mit Kunststoff-Sohlen treten bisher nicht in diesem Ausmass bekannte Verschleisserscheinungen auf. Dabei handelt es sich um Rillen- und Muldenbildung auf der Lauffläche.

Die Rillenbildung wird vor allem durch Fremdkörpereinschlüsse in der Bremssohle verursacht, die Muldenbildung durch die verschleissfesteren Randzonen der Bremssohlen. Zur Beurteilung der Bremssohlen ist der Schadenskatalog V-BKS der UIC massgebend.



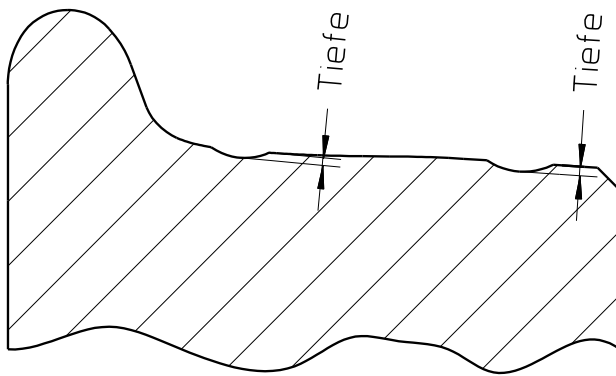
Beliebiger Radsatz mit K-Sohlen:

Die Lauffläche weist eine oder mehrere Rillen mit scharfkantigen Übergängen auf. Die Rillen treten umlaufend auf dem gesamten Radumfang auf und können auf der gesamten Laufflächenbreite mehrfach vorliegen.

Massnahmen:

- Radsatz reprofilieren
- Reibfläche der K-Sohlen
kontrollieren, gegebenenfalls
egalisieren oder ersetzen.

Abb. 6.6.2-34: Abbildung 6-87: Laufradsatz mit K-Sohlen: Rillenbildung auf der Lauffläche des Rades.

**Beliebiger Radsatz mit K-Sohlen:**

Die Lauffläche weist eine oder mehrere Mulden mit ausgerichteter Kontur ohne scharfkantige Übergänge auf. Die Mulden treten umlaufend auf dem gesamten Radumfang und partiell über die Laufflächenbreite auf. Eine Mulde übersteigt in der Regel eine Breite von 40 bis 50 mm nicht.

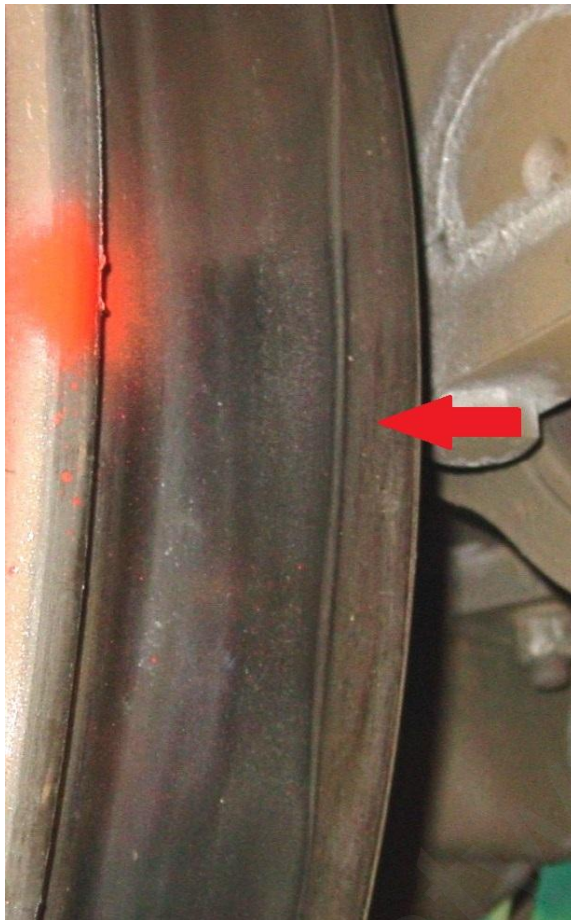
Massnahmen:

- Muldentiefe beurteilen
- Muldentiefe grösser 2 mm: Radsatz reprofiliert
- Muldentiefe kleiner 2 mm: weiterfahren

Abb. 6.6.2-35: Abbildung 6-88: Laufradsatz mit K-Sohlen: Muldenbildung auf der Lauffläche des Rades.

Entwurf

~~5.6.2.8.36.6.2.8.5~~ ~~6.6.2.8.5~~ Weitere Laufflächenfehler



Beliebiger Radsatz:

Singuläre Abplattung (beim roten Pfeil) durch Materialfehler. Das Material ist an einer Stelle weich, es bildet sich eine Art Flachstelle, jedoch ohne Materialabtrag.

Massnahmen:

- Bei erkennbaren Schäden an Radsatzlager und Primärstufe verursacht durch die singuläre Abplattung (z.B. lose Schrauben, ausgelaufene hydraulische Dämpfer, gebrochene Federn, geschmolzene Gummilager) ist der Radsatz auszubauen und der Aufarbeitung zuzuführen (mindestens IS1 mit Härteprüfung).

Sind keine weiteren Schäden ausser der singulären Abplattung erkennbar:

- Radsatz reprofilieren-
- Härteprüfung ausführen-
- Gegebenenfalls ist der gesamte Radreifen oder das Vollrad zu ersetzen.

~~Abb. 6.6.2.36:~~ Abbildung 6-89: Singuläre Abplattung durch Materialfehler.

**Beliebiger Radsatz:**

Singuläre Abplattung mit ~~Ausbröckelungen~~**Ausbröckelungen** durch Materialfehler (die rote Linie entspricht der ursprünglichen Kontur). Das Material ist an einer Stelle weicher und verformt sich plastisch gegen die Stirnseite. Es ergibt sich an dieser Stelle eine Verbreiterung des Rades.

Massnahmen:

- Radsatz reprofilieren-
- Härteprüfung ausführen-
- Gegebenenfalls ist der gesamte Radreifen oder das Vollrad zu ersetzen.

| ~~Abb. 6.6.2-37:~~ Abbildung 6_90: Singuläre Abplattung mit Ausbröckelungen durch Materialfehler.

Entwurf



Triebradsatz mit Scheibenbremsen:

Gut sichtbare Ausbildung von regelmässigen Radunrundheiten (Polygonbildung) ausserhalb des Laufkreisdurchmessers, z.B. auf Grund von engen Kurven.

Massnahmen:

- weiterfahren
- Radsatz reprofiliert, wenn die Beurteilung des Fahrkomforts es erfordert.

Abb. 6.6.2-38: **Abbildung 6-91:**

mässigen
Radunrundheiten (Polygonbildung) ausserhalb des Laufkreisdurchmessers.

5.6.2.8.46.6.2.8.6 6.6.2.8.6 Zustand des Radrückens

Am Radrücken können Verschleissformen auftreten, die bei der Durchfahrt durch Weichen und damit durch Kontakt mit der Leitschiene entstehen. In der Regel handelt es sich dabei um eine relativ grobe Aufrauhung der Oberfläche durch trockenen Reibkontakt von Metall auf Metall. Insbesondere die Leitschienen von Kreuzungsweichen können dabei Verschleissspuren über die gesamte Radrückenfläche verursachen.

Soweit dabei keine scharfkantigen Einkerbungen im Bereich der Spurkranzkuppe oder des Radrückens verursacht werden kann der Radsatz ohne Einschränkungen im Betrieb bleiben. Bei Verdacht auf übermässigen Verschleiss ist das A_R-Mass zu kontrollieren.



Abb. 6.6.2-39:Abbildung 6-92: Radrückenverschleiss über den halben Radrücken an einem Triebzug-



Abb. 6.6.2-40:Abbildung 6-93: Radrückenverschleiss über den ganzen Radrücken an einer Rangierlok-



Abb. 6.6.2-41 und Abb. 6.6.2-42:Abbildung 6-94: Einkerbungen am Radrücken, verursacht durch streckenseitige Fehler (z.B. defekte Radlenker). Die abgebildeten Einkerbungen sind zulässig, da nicht scharfkantig.

~~5.6.2.96.6.2.9~~ ~~6.6.2.9~~ Zustand der Radsatzwelle

Um stets den betriebssicheren Zustand von Radsatzwellen zu gewährleisten sind diese anlässlich der Kontrollarbeiten in den vorgegebenen Intervallen visuell zu prüfen. Dieser Abschnitt soll als ein Leitfaden zur Beurteilung dienen und basiert auf dem EVIC-Katalog für Güterwagenradsätze bzw. der SN EN 15313, gilt hier jedoch für alle Radsatztypen. Bei der visuellen Beurteilung ist sicher zu stellen, dass die Oberfläche der Radsatzwellen so weit als möglich mit ausreichender Beleuchtung besichtigt werden kann.

Bei einem Befund wird zwischen vier möglichen Aktionen unterschieden:

- Ⓐ Radsatz unverzüglich aus dem Betrieb nehmen-
- Ⓑ Radsatz innerhalb der nächsten 14 Tage in einer Werkstatt behandeln-, der Fahrzeughalter kann basierend auf seiner Erfahrung und der Laufleistung auch andere Fristen festlegen
- Ⓒ Radsatz bis zur nächsten Revision in Betrieb lassen oder den Schaden vor Ort in einer Werkstatt reparieren-
- Ⓓ Radsatz bleibt ohne Auflagen in Betrieb-

Der nachfolgende Fehlerkatalog stellt beispielhafte Schadensfälle und den dazu passenden Entscheid dar. Er erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und rechtliche Sicherheit.

~~5.6.2.9.16.6.2.9.1~~ ~~6.6.2.9.1~~ Übergangsbogen

Grundsätzlich gilt, dass die Zone des Übergangsbogens zwischen Wellenschaft und Radscheibensitz frei von mechanischen Fehlern des Grundmaterials sein muss (siehe Abb. 9.2.2-1 Abbildung 9-1 Zone A). Kerben, umlaufende Riefen, Korrosionsschäden und Risse sind nicht zulässig. Ein Radsatz mit mechanischen Schäden im Übergangsbogen muss unverzüglich aus dem Betrieb genommen werden.

~~5.6.2.9.26.6.2.9.2~~ ~~6.6.2.9.2~~ Keine oder zulässige Defekte an der Wellenoberfläche – geringe Vernarbung

Narbenbildung kann entweder komplett oder teilweise umlaufend vorkommen und ist charakterisiert durch sanfte Übergänge ohne scharfe Kanten. Dieser Typ Muldenbildung kann im Laufe von Instandhaltungsarbeiten entstehen. Die Beschichtung ist unbeschädigt.

Entscheid: Vernarbte Radsatzwellen mit unbeschädigter Beschichtung können im Fahrzeug bleiben.

- Ⓓ Radsatz bleibt ohne Auflagen in Betrieb-

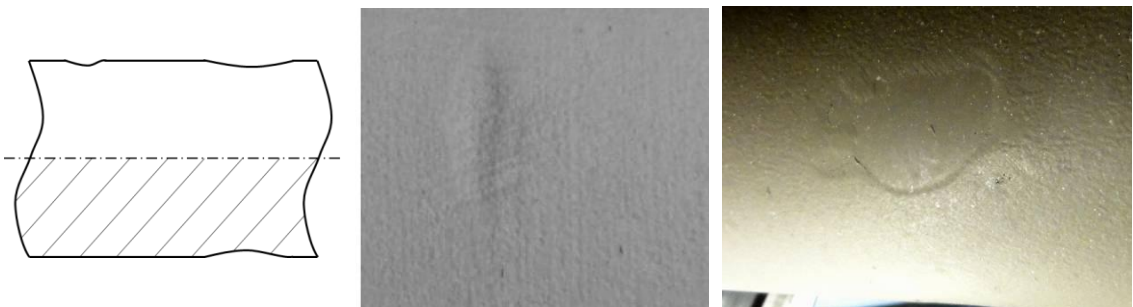


Abb. 6.6.2 43 und 6.6.2 44: Abbildung 6-95: Vernarbte Radsatzwellen mit unbeschädigter Beschichtung

Entwurf

5.6.2.9.36.6.2.9.3 6.6.2.9.3 Mechanische Beschädigungen – scharfkantige umlaufende Rillen

Rillen zeichnen sich durch scharfkantige umlaufende Übergänge aus. Mechanische Beschädigung des Basismaterials in Form von Rillen ist unzulässig.

Entscheid: Am Wagen die Ursache für diese Beschädigung überprüfen und entsprechend reparieren. Radsatz aus dem Betrieb nehmen.

- Ⓐ Radsatz unverzüglich aus dem Betrieb nehmen.



Abb. 6.6.2.45: Abbildung 6-96: Mechanische Beschädigungen – scharfkantige umlaufende Rillen.

5.6.2.9.46.6.2.9.4 6.6.2.9.4 Mechanische Beschädigungen – umlaufende Mulden mit sanften Übergängen

Zeichnet sich durch sanfte Übergänge an den Kanten aus. Vernarbung, die im Betrieb entsteht (z.B. durch Bremshebelverbinder) führt zu einer Beschädigung der Beschichtung.

Entscheid: Am Wagen die Ursache für diese Beschädigung überprüfen und entsprechend reparieren.

- Ⓐ Radsatz unverzüglich aus dem Betrieb nehmen, wenn die Beschädigung des Basismaterials tiefer als 1 mm ist.
- Ⓑ Radsatz innerhalb 14 Tagen in einer Werkstatt behandeln, wenn die Beschädigung geringer als bei Fall Ⓐ ist, der Fahrzeughalter kann basierend auf seiner Erfahrung und der Laufleistung auch andere Fristen festlegen.



~~Abb. 6.6.2.46 bis 6.6.2.48:~~ Abbildung 6-97: Mechanische Beschädigungen – umlaufende Mulden mit sanften Übergängen.

Entwurf

~~5.6.2.9.56.6.2.9.5~~ **6.6.2.9.5 Mechanische Beschädigungen – scharfkantige Kerben**

Scharfkantige Kerben treten lokal auf und zeichnen sich durch scharfkantige Übergänge aus. Ursache dafür ist in der Regel Schotterflug. Die mechanische Beschädigung des Basismaterials durch Kerben ist unzulässig.

Entscheid: Radsatz aus dem Betrieb nehmen-

- Ⓐ Radsatz unverzüglich aus dem Betrieb nehmen, wenn die Beschädigung des Basismaterials tiefer als 1 mm ist.
- Ⓑ Radsatz innerhalb 14 Tagen in einer Werkstatt behandeln, wenn die Beschädigung geringer als bei Fall Ⓐ ist. Der Fahrzeughalter kann basierend auf seiner Erfahrung und der Laufleistung auch andere Fristen festlegen.



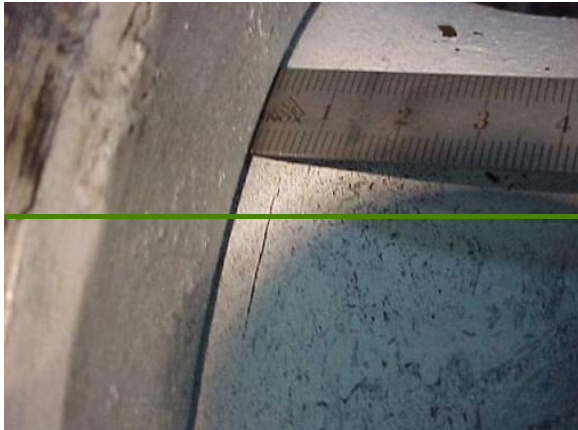
~~Abb. 6.6.2.49 bis 6.6.2.51~~ Abbildung 6-98: Mechanische Beschädigungen – scharfkantige Kerben-

~~5.6.2.9.66.6.2.9.6~~ **6.6.2.9.6 Mechanische Beschädigungen – Risse**

Risse treten lokal am Schaftmaterial (nicht in der Beschichtung) auf und sind als feine Linien sichtbar. Mechanische Beschädigung des Basismaterials in Form von Rissen ist unzulässig.

Entscheid: Radsatz aus dem Betrieb nehmen.

- Ⓐ Radsatz unverzüglich aus dem Betrieb nehmen.



~~Abb. 6.6.2-52:~~

~~Abbildung 6-99:~~ Mechanische Beschädigungen – Risse.

~~5.6.2.9.76.6.2.9.7~~ **6.6.2.9.7 Oberflächenbeschädigungen – grossflächig und stark korrodierte Bereiche**

Die Oberfläche ist stark korrodiert, die Beschichtung ist von Rost unterwandert und platzt ab oder ist aufgeschwollen. Grossflächige und stark korrodierte Bereiche sind unzulässig.

Entscheid: Radsatz baldmöglichst behandeln oder aussetzen.

- Ⓐ Radsatz unverzüglich aus dem Betrieb nehmen, wenn die Korrosion sehr grossflächig und weit fortgeschritten ist (Korrodierte Fläche grösser 30 % der Wellenoberfläche).
- Ⓑ Radsatz innerhalb der nächsten 14 Tage in einer Werkstatt behandeln, wenn die Schäden in eingebautem Zustand behebbar sind. Der Fahrzeughalter kann basierend auf seiner Erfahrung und der Laufleistung auch andere Fristen festlegen.



Abb. 6-6-2-53: Abbildung 6-100: Oberflächenbeschädigungen – grossflächig und stark korrodierte Bereiche

Entwurf

Entwurf

~~5.6.2.9.86.6.2.9.8~~ ~~6.6.2.9.8~~ Beschichtungsschäden – mit und ohne Korrosion

Geringfügige Mängel an der Beschichtung mit und ohne Korrosion, hervorgerufen durch Schotterflug, abgeplatzte Beschichtung und andere mechanische Einflüsse.

Entscheid: Radsatz in Betrieb lassen; Schaden nach Möglichkeit vor Ort in eingebautem Zustand beheben.

- Ⓑ Radsatz innerhalb der nächsten 14 Tage in einer Werkstatt behandeln, wenn die Summe aller geschädigten Bereiche mehr als 30 % der Wellenoberfläche ausmacht. Der Fahrzeughalter kann basierend auf seiner Erfahrung und der Laufleistung auch andere Fristen festlegen.
- Ⓒ Radsatz bis zur nächsten Revision in Betrieb lassen oder den Schaden vor Ort in einer Werkstatt reparieren.



~~Abb. 6.6.2-54 bis 6.6.2-59~~: Abbildung 6-101: Beschichtungsschäden – mit und ohne Korrosion

Entwurf

~~5.6.2.9.96.6.2.9.9~~ ~~6.6.2.9.9~~ Oberflächenbeschädigungen – vereinzelte tiefe Korrosionsnarben

Oberflächenbeschädigung des Basismaterials in Form von markanten, lokalen Korrosionsnarben, z.B. durch chemische Einflüsse.

Entscheid: Radsatz baldmöglichst behandeln oder aussetzen.

- Ⓐ Radsatz unverzüglich aus dem Betrieb nehmen, wenn die Korrosionsnarbe tiefer als 1 mm ist.
- Ⓑ Radsatz innerhalb der nächsten 14 Tage in einer Werkstatt behandeln, wenn die Schäden geringer als bei Fall A sind. Der Fahrzeughalter kann basierend auf seiner Erfahrung und der Laufleistung auch andere Fristen festlegen



~~Abb. 6.6.2-60:~~ Abbildung 6-102: Oberflächenbeschädigungen – vereinzelte tiefe Korrosionsnarben.

~~5.6.2.10~~ ~~6.6.2.10~~ ~~6.6.2.10~~ Fester Sitz des Radreifens und Sprenglings

Bei der visuellen Kontrolle am Radsatz ist bei Rädern mit Radreifen sicher zu stellen, dass der Radreifen ordnungsgemäss montiert ist und fest auf der Felge sitzt. Bei der Beurteilung von verdrehten Radreifen ist durch den Halter eine fachlich korrekte Analyse sicher zu stellen.

Radreifen, die ohne Sprengring montiert sind dürfen nicht eingesetzt werden. Räder dieser Bauart sind nur noch bei Schmalspurbahnen im Einsatz.

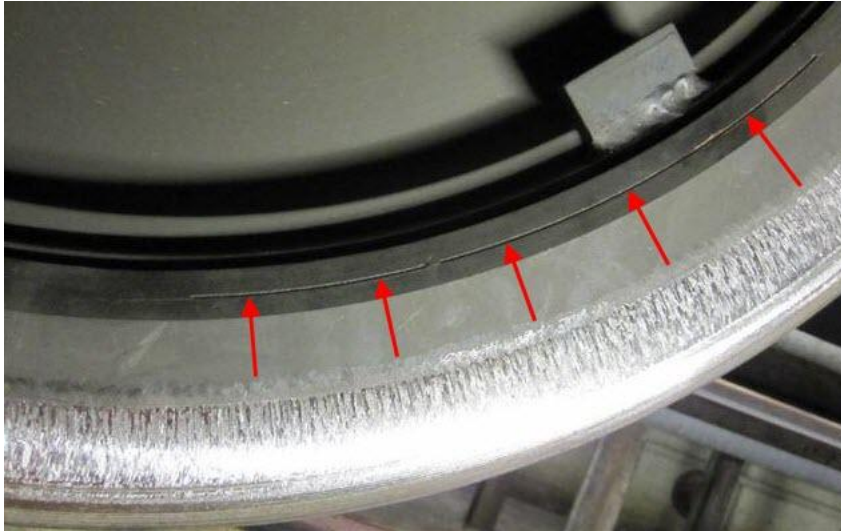
Der Sprengring muss vollständig eingewalzt sein, der eingewalzte Teil des Radreifens darf keine Risse aufweisen. Der Sprengring muss vollständig umlaufend sein und auf dem Nutgrund des Einstichs im Radreifen sauber anliegen. Die bei der Montage entstandene Lücke im Sprengring ist mit einem passenden Abschnitt des Sprengringprofils, dem sogenannten Sprengringschloss, vor dem Einwalzen aufzufüllen und zu verstemmen. Das Sprengringschloss soll aus einem passenden Stück bestehen und nicht aus mehreren kleinen Abschnitten. Die Länge des Sprengringschlusses sollte auf maximal 30 mm begrenzt sein.



~~Abb. 6.6.2-61~~ ~~Abbildung 6-103~~: Sprengring mit korrekt eingesetztem einteiligem Sprengringschloss.

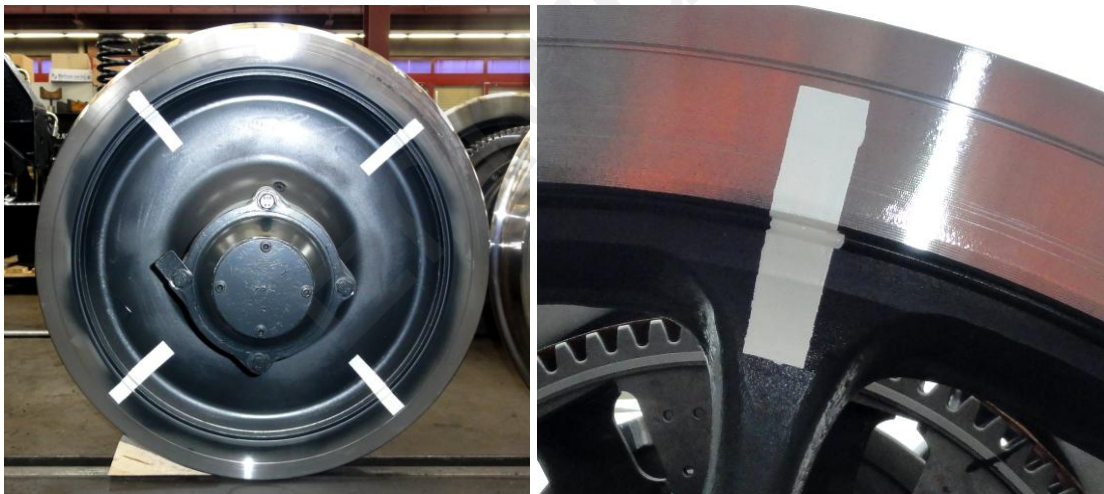
Radsätze mit fehlendem Sprengringschloss dürfen bis auf Weiteres im Betrieb bleiben. Sie müssen anlässlich jedes Unterhalts visuell auf Festsitz des Sprengrings kontrolliert werden. Für Radsätze mit fehlendem Sprengringschloss ist eine Fehlermeldung zu eröffnen (Eintragung in Instandhaltungsdatenbank).

Die Einwalzzone des Sprengrings ist im ~~Betrieb~~ Betrieb visuell auf Rissfreiheit zu kontrollieren. Risse können auf eine nicht masshaltige Sprengringnut oder ein nicht passendes Sprengringprofil hinweisen. Beim Auftreten von Rissen in dieser Zone ist eine Beurteilung vor Ort durch Halter oder Hersteller notwendig.



~~Abb. 6.6.2-62:~~ Abbildung 6-104: Risse in der Einwalzzone durch nicht masshaltige Sprenggringnut.

Radreifen können sich trotz korrekter Montage im Betrieb gegenüber der Felge verdrehen. Um dies zu detektieren, müssen nach der Montage Verdrehmarkierungen so angebracht werden, dass mindestens eine Marke bei eingebautem Radsatz unabhängig von dessen Stellung von aussen gut sichtbar ist. Es sind zwei bis vier Markierungen am Umfang stirnseitig, gleichmässig versetzt pro Radreifen anzubringen.



~~Abb. 6.6.2-63 und 6.6.2-64:~~ Abbildung 6-105: Markierungen am Radreifen

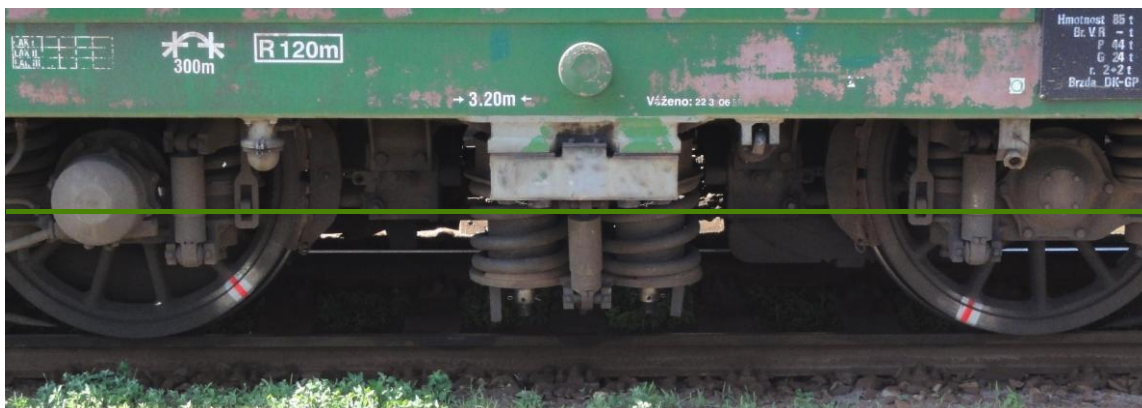


Abb.

6.6.2-65:



Abbildung 6_106: Markierungsbeispiel bei ausländischen Bahnen (ČD).

Trieb- und Laufradsätze müssen bei der Beurteilung der Verdrehung des Radreifens unterschiedlich behandelt werden. Während bei den Triebradsätzen die gesamten Traktions- und je nach Bremsbauart auch anteilig Bremskräfte über die Schrumpfverbindung Radkörper – Radreifen übertragen werden, sind die Schrumpfverbindungen der Laufradsätze je nach Bauart der Bremse nur durch Bremskräfte belastet.

Das führt dazu, dass zum Verdrehen eines Radreifens an einem Laufradsatz die Schrumpfverbindung wesentlich stärker geschwächt sein muss als bei einem Triebradsatz.

Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass ein verdrehter Radreifen eines Laufradsatzes eine wesentliche Schwächung der Schrumpfverbindung erfahren hat und im Gegensatz zu einem Triebradsatz dadurch dauerhaft geschädigt ist.

Hinweis: theoretisch betrachtet verliert ein aufgeschrumpfter Radreifen je nach Schrumpfübermass bei einer Temperaturdifferenz gegenüber der Radkörper von ca. 90 °C (Schrumpfübermass 1.0 ‰) bis 160 °C (Schrumpfübermass 1.8 ‰) seine Vorspannkraft.

Triebradsätze

Die Verdrehung von Radreifen an Triebradsätzen ist basierend auf den Betriebserfahrungen des Halters in gewissen Grenzen zulässig. Es kann kein allgemeiner Grenzwert für eine maximal zulässige Verdrehung angegeben werden.

Bei bestimmten Lokomotivbaureihen ist eine Art Setzvorgang der Schrumpfverbindung durch vereinzelt leichtes Verdrehen des Radreifens im Bereich weniger Winkelgrade (ca. 1° bis 2°) bei neubandagierten Rädern bekannt und unkritisch.

Damit die Erfassung mehrfach verschobener Radreifen vereinfacht wird ist die Markierung in verschiedenen Farben auszuführen, je nach Zustand des Radreifens:

Mögliches Beispiel:

- Radreifen neu aufgezogen:
Die Markierung wird in WEISS ausgeführt.
- Erste Radreifenverschiebung:
Der Radreifen hat sich verschoben und die weisse Markierung weist damit einen Versatz auf. Die weisse Markierung wird nicht erneuert oder entfernt, sondern eine neue Markierung in GELB angebracht, sofern der Radsatz wieder dem Betrieb übergeben wird.
- Zweite Radreifenverschiebung:
Der Radreifen hat sich verschoben und die gelbe Markierung weist damit einen Versatz auf. Die gelbe Markierung wird nicht erneuert oder entfernt, sondern eine neue Markierung in ROT angebracht, sofern der Radsatz wieder dem Betrieb übergeben wird.
- Dritte Radreifenverschiebung:
Der Radreifen gilt definitiv als angelöst und muss ersetzt werden. Der Radsatz darf nicht mehr in den Betrieb gehen.

Laufradsätze

Bei Laufradsätzen ist ein Radsatz mit verdrehten Radreifen umgehend stillzulegen. Das betroffene Fahrzeug muss ausgesetzt und der Radsatz ausgewechselt werden. Der schadhafte Radsatz muss in einer zugelassenen Werkstatt untersucht und entsprechend behandelt oder verschrottet werden.

Bei Güterwagen im kommerziellen Einsatz wird empfohlen, keine bereiften Räder mehr zu verwenden und noch im Betrieb stehende bereifte Räder nach dem Erreichen des Verschleissminimums zu verschrotten und durch Vollräder zu ersetzen.

Ungebremste bereifte Laufradsätze wie sie z.B. als Vorlaufradsatz an historischen Fahrzeugen im Einsatz stehen werden nicht mit einer Verdrehmarkierung versehen.

Allgemeingültig

Weitere Merkmale zur Kontrolle auf einen festen Radreifensitz:

- Unreiner Klang bei leichtem Anschlagen mit einem Stahlhammer am Radreifen.
Hinweise zur Klangprobe: (siehe auch Abschnitt 6.6.2.14):
 - Heller, metallisch reiner Klang = Radreifen sitzt fest.
 - Stumpfer Klang = Radreifen ist lose oder angelöst.
- Lockerer Sitz des Sprenglings.
- Rostaustritt auf mehr als 1/3 Umfang des Radreifens.
- Schaden am Sprengling, z.B. Riss oder Bruch.
- Riss, Bruch oder sichtbare Beschädigung am Radreifen.

Sind trotz korrekter Verdrehmarkierungen ohne Anzeichen einer Verdrehung mindestens 2 Kriterien der oben genannten weiteren Merkmale zur Kontrolle auf einen festen Radreifensitz erfüllt muss der Radsatz gleich behandelt werden wie ein Radsatz mit offensichtlich losem Radreifen und ausgesetzt werden.

Bei Trieb- und Laufradsätzen ist das Schweissen an Radreifen oder das Fixieren von Radreifen auf Radkörpern mittels Schweissen grundsätzlich verboten.



Abb. 6.6.2-66: **Abbildung 6-107:** Spanbildung am Sprengring durch verdrehten Radreifen.



Abb. 6.6.2-67: **Abbildung 6-108:** Verdrehter Radreifen; erkennbar an den Markierungen.

5.6.2.11 6.6.2.11 Fester Sitz der Radscheibe auf der Radsatzwelle

Der feste Sitz der Radscheibe auf der Radsatzwelle wird in der Regel durch eine visuelle Kontrolle der Fügestelle der Radnabe beurteilt. Es sind keine besonderen Kennzeichnungen vorzusehen.

Ein Austritt von Rost an der Radnabe weist auf Probleme innerhalb der Fügestelle hin. Ein Radsatz mit solchen Merkmalen ist nicht mehr in den Betrieb zu geben, er muss der Aufarbeitung zugeführt werden.

In Ausnahmefällen kann es vorkommen, dass sich die Radscheibe im Betrieb auf der Radnabe verdreht. Ist dies der Fall, kann durch verschiedene Instanzen angeordnet werden, eine Verdrehmarkierung zwischen Radsatzwelle und Radscheibe bei den Radsätzen der betroffenen Bauart oder Fahrzeugflotte anzubringen. Diese Verdrehmarkierung ist ähnlich wie bei den Radreifen mittels Farbe aufzubringen und visuell zu kontrollieren. Ein Radsatz mit verdrehten Radscheiben darf nicht in den Betrieb gehen, er muss der Aufarbeitung zugeführt werden. Auch geringste Verdrehungen sind nicht zulässig.

Diese Markierungen stellen einen Sonderfall dar und sind nicht allgemein anzuwenden.



Abb. 6.6.2-68: **Abbildung 6-109:** Beispiel Verdrehmarkierung an Güterwagenradsatz



Abb. 6.6.2-69: **Abbildung 6-110:** Beispiel Verdrehmarkierung an Lokomotivradsatz (Seite Radsatzlager)

(Seite Wellenschaft, mit nicht zulässigem Datenband)

5.6.2.12 6.6.2.12 6.6.2.12 Beurteilung Fettaustritt an Radsatzlager

An Radsatzlagern kann es zu Fettaustritt von unterschiedlichem Ausmass kommen. Ab einem gewissen Mass von Fettaustritt ist das Radsatzlager einer Kontrolle zu unterziehen. Die genauen Grenzen beim Fettaustritt sind nicht klar definierbar. Zur Unterstützung bei der Beurteilung dienen nachfolgende Bilder. Gleitlager werden bei dieser Beurteilung nicht berücksichtigt.



Beliebiger Radsatz: **Herausgedrückte Fettwurst am Lagerdeckel durch unsaubere Montage.**

Der Radsatz kann in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

- ausgetretenes Fett entfernen, Bereich grob säubern
- weiterfahren

Abb. 6.6.2 70: Fettaustritt an Radsatzlager.

Abbildung 6_111: Fettaustritt an Radsatzlager



Tarol-Lager:Kartuschenlager **Fett-Minimalaustritt aus Entlüftungsbohrung bei Tarol-Lager.**

Der Radsatz kann in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

- weiterfahren

Abb. 6.6.2 71: Fett-Minimalaustritt aus Entlüftungsbohrung bei Tarol-Lager.

Abbildung 6_112: Fett-Minimalaustritt aus Entlüftungsbohrung bei Kartuschenlager

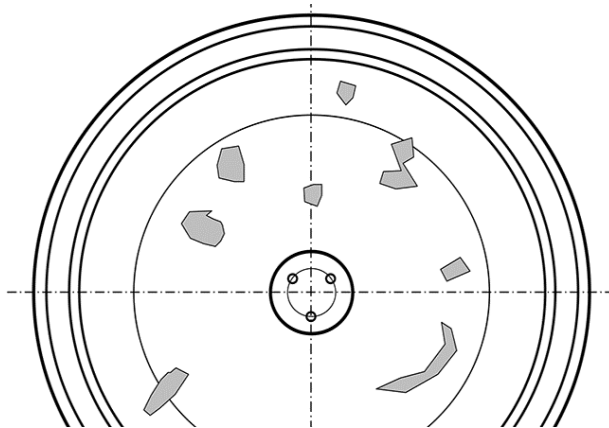


Abb. 6.6.2-72: Einzelne Fettspuren auf der Radscheibe.

Abbildung 6_113: Einzelne Fettspuren auf der Radscheibe

Beliebiger Radsatz:
Einzelne Fettspuren auf der Radscheibe.

Der Radsatz kann in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

- Fettspuren beseitigen
- weiterfahren

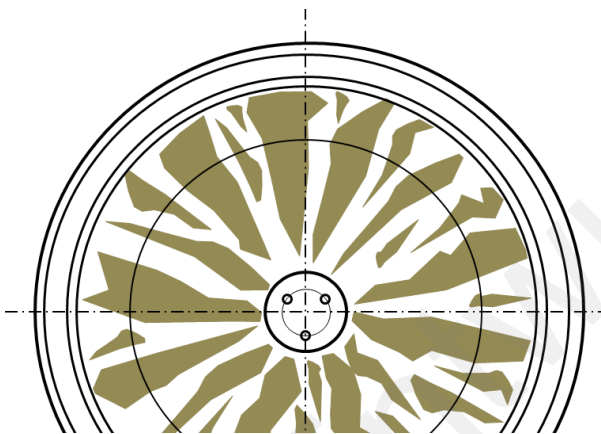


Abb. 6.6.2-73: Ölschmieren auf der Radscheibe, von der Nabe ausgehend

Abbildung 6_114: Ölschmieren auf der Radscheibe, von der Nabe ausgehend

Beliebiger Radsatz:
Ölschmieren auf der Radscheibe.
Das Öl kommt aus dem Radsatzlagergehäuse.

Der Radsatz darf nicht mehr in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

- Visuelle Kontrolle des Lagerfettes bei ausgeblutetem Lagerfett Radsatz ausbauen und der Aufarbeitung zuführen

Flachstellen und singuläre Abplattungen können zu hohen Beschleunigungen und damit zum Ausbluten des Lagerfettes führen.

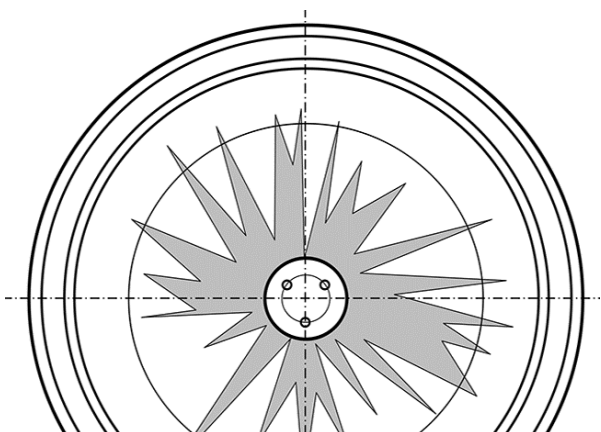


Abb. 6.6.2-74: Umlaufende Fettspuren auf der Radscheibe mit sternförmiger Ausbreitung von der Nabe ausgehend.

Beliebiger Radsatz:
Umlaufende Fettspuren auf der Radscheibe mit sternförmiger Ausbreitung von der Nabe ausgehend.

Der Radsatz darf nicht mehr in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

- Radsatz ausbauen und der Lageraufarbeitung zuführen

Abbildung 6_115: Umlaufende Fetts Spuren auf der Radscheibe mit sternförmiger Ausbreitung von der Nabe ausgehend.



Beliebiger Radsatz:

Auslaufen und Herausdrücken von Fett durch undichten Lagerdeckel-

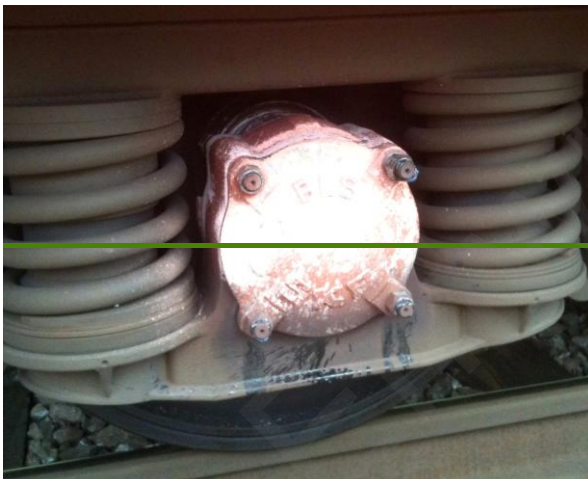
Der Radsatz darf nicht mehr in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

- Radsatz ausbauen und der Lageraufarbeitung zuführen-

Abb. 6.6.2 75: Auslaufen und herausdrücken von Fett durch undichten Lagerdeckel.

Abbildung 6_116: Auslaufen und herausdrücken von Fett durch undichten Lagerdeckel



Beliebiger Radsatz:

Heissläufer mit Fettaustritt. Die Radscheibe ist stark ölig

Auslaufen und Herausdrücken von Fett durch Lagerdeckel Seite Rad

Der Radsatz darf nicht mehr in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

- Radsatz ausbauen und der Aufarbeitung Lageraufarbeitung zuführen-



Abb. 6.6.2 76: Heissläufer mit Fettaustritt.

Entwurf

6.6.2.13 — Abbildung 6-117: Auslaufen und herausdrücken von Fett durch undichten Lagerdeckel



**Beliebiger Radsatz
Heissläufer mit Fettaustritt, die
Radscheibe ist stark ölig**

Der Radsatz darf nicht mehr in Betrieb bleiben.

Massnahmen:

- Radsatz ausbauen und der
Aufarbeitung zuführen

Abbildung 6-118: Heissläufer mit Fettaustritt

5.6.2.136.2.13 Farbabbbrand und Thermische Schädigung von Vollrädern mit Klotzbremseinrichtung

Für die technische Bedeutung dieses Kontrollmerkmals wird auf den Abschnitt 15.215.2 verwiesen. Zur Terminologie («sa», gewölbter Radsteg, gerader Radsteg) wird auf Kapitel 66 und Abschnitt 15.2.115.2.1 verwiesen.

Thermisch geschädigte Vollräder an Radsätzen mit Klotzbremse können am Farbabbbrand erkannt werden. Der Farbabbbrand beginnt immer am Übergang zwischen Radkranz und Radscheibensteg. Je höher die Temperatur während der Überhitzung gewesen ist, umso tiefer reicht der Farbabbbrand in den Radscheibensteg hinein und umso grösser ist die thermische Belastung der Radscheibe gewesen.



Abb. 6.6.2-77: Abbildung 6-119: Farbabbbrand an Radscheibe.

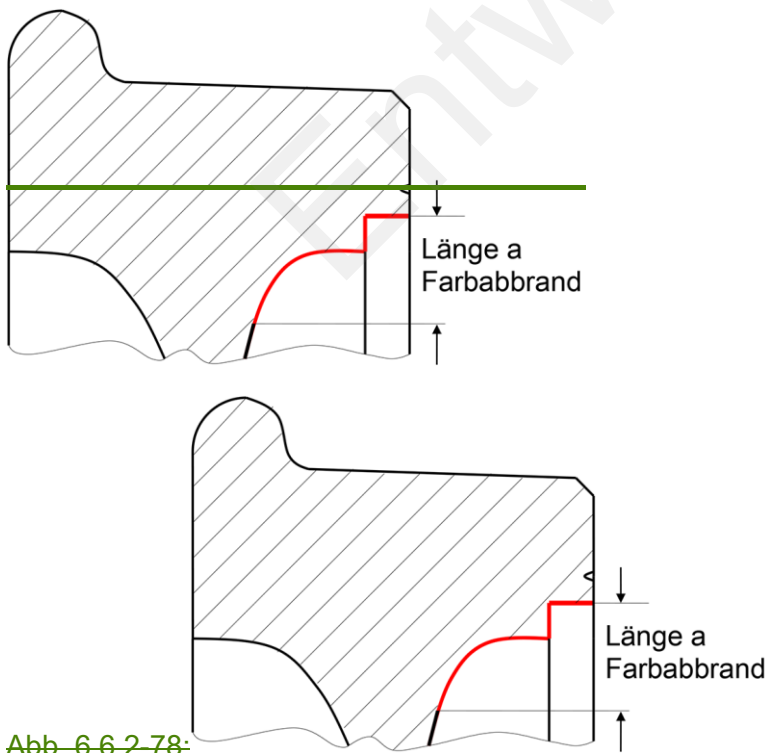


Abb. 6.6.2-78:

Abbildung 6-120: Definition der Abbrandtiefe Mass a

Entwurf

~~5.6.2.13.16.6.2.13.1~~ **6.6.2.13.1 Spannungsarme Vollräder (sa) und Räder mit gewölbtem Radsteg**

Loks und Reisezugwagen

Unabhängig vom Schädigungsgrad (Tiefe des Farbabbrennes) müssen Fahrzeuge mit thermisch geschädigten Vollrädern innert nützlicher Frist ausser Betrieb gesetzt werden. Je nach Situation beim Erkennen des Schadens bedeutet dies:

Situation	Mass a Farbabbbrand	Massnahme
Fahrzeug befindet sich in einer Unterhalts- oder Abstell-anlage geAbstellanlage .	$a > 0 \text{ mm}$	Fahrzeug geht nicht mehr in Betrieb, Radsatztausch.
Fahrzeug befindet sich im Dienst (z.B. bei Prüfung durch Kontrolleur nach einem ZKE-Festbremsalarm).	$a \leq \underline{5025^a)} \text{ mm}$	Fahrzeug zum Radsatztausch bei nächster sich bietender Gelegenheit vormelden.
Fahrzeug befindet sich im Dienst (z.B. bei Prüfung durch Kontrolleur nach einem ZKE Festbremsalarm ZKEFestbremsalarm).	$a > \underline{5025^a)} \text{ mm}$	Fahrzeug rasch (spätestens nach 24h <u>24 h</u>) ausser Betrieb setzen, Radsatztausch.
Fahrzeugkontrolle nach ZKE-Festbremsalarm.	kein Farbabbbrand	keine Massnahmen in Bezug auf die Radsätze notwendig.

Tabelle ~~6-25~~
6-25: Massnahmen bei Farbabbbrand an der Radscheibe bei Loks und Reisezugwagen.

a) Anstelle der nicht eindeutig messbaren Länge des Farbabbrennes kann auch der Farbabbbrand visuell beurteilt werden. Ein «deutlicher Farbabbbrand» entspricht der Bewertung $a > 25 \text{ mm}$.

Der betroffene Radsatz muss getauscht und der schweren Instandhaltung zugeführt werden. Der Radsatz ist zu kennzeichnen, sobald das Fahrzeug in einer Unterhaltsanlage behandelt wird, spätestens aber beim Radsatztausch. Die Behandlung in der schweren Instandhaltung richtet sich nach Abschnitt ~~15.2.2~~
15.2.2.

Bemerkung:

~~Früher~~In der Vergangenheit war Farbabbbrand an spannungsarmen Vollrädern (sa) zugelassen und es musste keine Massnahme getroffen werden. Zur konsequenten Minimierung der Risiken und in Anbetracht der geringen Zahl in Frage kommender Fahrzeuge und Radsätze und dem möglichen Schadensausmass, wird ~~nun~~ auch ~~bei~~ spannungsarmen Radbauarten bei thermischer Schädigung eine Kontrolle und Schadenbehebung ausdrücklich empfohlen.

Güterwagen

Spannungsarme Vollräder (~~«sa»~~, erkennbar an der Kennzeichnung am Radsatzlagergehäuse, siehe Abschnitt ~~12.3.3~~
12.3.3) dürfen nach einer thermischen Überlastung im Betrieb bleiben. Die beschädigte BeschichtungDer ECM 2 verfügt je nach Schadensbild entsprechende Massnahmen, wobei eine Bewertung gemäss Tabelle 6-25 empfohlen wird. Im Zweifelsfall ist auszubessernimmer eine Radsatzinstandhaltung im ausgebauten Zustand zu veranlassen. Die abgebrannte Farbe darf nur nach Zustimmung des Halters (ECM 1) erneuert werden (AVV 2026, Anlage 10, Absatz 1.18).

Vollräder ohne Kennzeichnung «sa» sind umgehend zu ersetzen und der schweren Instandhaltung zuzuführen.

Entwurf

Entwurf

~~5.6.2.13.26.6.2.13.2~~ ~~6.6.2.13.2~~ Vollräder mit geradem Radsteg

Vollräder mit geradem Radsteg weisen bei thermischer Überlastung ein hohes Risiko auf Verwerfen und Erweiterung des A_R -Masses auf. Das Erkennen und Behandeln dieser Fälle muss daher strengeren Kriterien folgen, als bei spannungsarmen Vollrädern oder Vollrädern mit gewölbtem Radsteg wie unter Abschnitt 6.6.2.12.1 beschrieben.

Liegt eine ZKE-Meldung (Festbremsen) oder eine entsprechende Lokführermeldung (Bremsrechnerstörung, Bremse nicht ausgelöst, Rauchentwicklung) vor, gelten die Räder mit geradem Radsteg bis zur genauen Untersuchung ebenfalls als thermisch geschädigt, auch wenn die typischen optischen Merkmale nicht vorhanden sind.

Situation	Mass a Farbabbrand	Sofortmassnahme	weitere Behandlung
Fahrzeug befindet sich in einer Unterhalts- oder Abstellanlage <u>Abstellanlage</u> .	$a > 0 \text{ mm}$	Fahrzeug geht nicht mehr in Betrieb, A_R -Mass messen- ^{a)} , <u>Eigenspannung messen</u>	Radsatztausch, wenn A_R -Mass <u>oder Eigenspannung</u> ausserhalb Toleranz oder sichtbarer Farbabbrand
Fahrzeug befindet sich im Dienst (z.B. bei Prüfung durch Kontrolleur nach einem ZKE Festbremsalarm).	$a > 0 \text{ mm}$	Fahrzeug sofort ausser Betrieb setzen, spätestens nächster Betriebspunkt mit Abstellmöglichkeit mit $v_{\max}$ <u>$v_{\max}$</u> 80 km/h, A_R -Mass messen- ^{a)}	Radsatztausch, wenn A_R -Mass ausserhalb Toleranz oder sichtbarer Farbabbrand , <u>Eigenspannung messen und beurteilen</u>
Fahrzeug weist keine optischen Merkmale auf, hatte aber ZKE Festbremsmeldung <u>Festbremsmeldung</u> oder Lf-Meldungen.	kein Farbabbrand	Spätestens am Wende- oder Zielbahnhof ausser Betrieb setzen, A_R -Mass überprüfen <u>überprüfen</u> - <u>mes-</u> <u>sen</u> ^{a)}	Radsatztausch, wenn A_R -Mass ausserhalb Toleranz- <u>Eigenspannung messen und beurteilen</u>

Tabelle ~~6-26:6-26~~: Massnahmen bei Farbabbrand an der Radscheibe bei Güterwagen.

^{a)} Das A_R -Mass muss im Feld nur an einem Punkt, möglichst nahe an SOK gemessen werden. Es ist keine sonst übliche Dreipunktmessung vorgeschrieben.

Der betroffene Radsatz muss getauscht und der schweren Instandhaltung zugeführt werden. Der Radsatz ist zu kennzeichnen, sobald das Fahrzeug in einer Unterhaltsanlage behandelt wird, spätestens aber beim Radsatztausch. Die Behandlung in der schweren Instandhaltung richtet sich nach Abschnitt ~~15.2.2.15.2.2~~.

Güterwagen

Bei Verdacht thermischer Überbeanspruchung ist eine Bremsprüfung durchzuführen und sind die Anweisungen des ECM 1 bezüglich weiterer Prüfungen einzuholen:

- Eigenspannungsmessung ¹⁾
- Messung des Abstands zwischen den inneren Stirnflächen der Radkränze
- Reprofilierung
- ZfP der Radlauffläche ¹⁾

Werden durch den ECM 1 keine Anweisungen erteilt, ist der betroffene Radsatz zu tauschen (AVV 2026, Anlage 10, Absatz 1.18).

Bei Rädern, welche die Merkmale der thermischen Überbeanspruchung aufweisen und nicht als thermisch stark belastbar gekennzeichnet sind,

- muss das A_R -Mass mittels 3-Punktmessung 120° versetzt am Radaufstandspunkt ermittelt werden und
- ist eine Prüfung auf einzelne Querrisse auf der Lauffläche durchzuführen.

Bemerkung:

Ist das A_R -Mass ausserhalb der Toleranz, muss die Überfahrfähigkeit des Fahrzeuges durch einen Radsatzfachspezialisten beurteilt werden. Dabei ist zu beachten, dass das Spurmass S_R und die Leitweite (Leitweite gleich A_R -Mass plus Spurkranzdicke links oder rechts) der betroffenen Radsätze bei stark vergrösserten Massen zu Entgleisungen führen können.

1) Alternativ: Systematische Reprofilierung mit grosser Spantiefe im Durchmesser und Sichtprüfung der Radlauffläche gemäss Betriebserfahrung.

6.6.2.14 7 Risse in Vollrädern mit Klotzbremseinrichtung – Klangprobe

Durch den thermischen Einfluss der Klotzbremse können sich unter bestimmten Voraussetzungen in Vollrädern Risse bilden. Besonders betroffen davon sind einige Bauarten von Güterwagenradsätzen, deren Laufkreisdurchmesser im unteren Bereich der Verschleissreserve liegt.

Die Radlaufläche und der Radkranz sind im eingebauten Zustand nur beschränkt einsehbar, was eine vollständige visuelle Prüfung auf Risse verhindert. Eine andere mögliche Prüfmethode ist die Klangprobe, um einen Hinweis auf eine geschädigte Radscheibe zu erhalten.

Die Klangprobe soll unabhängig von der Radsatzbauart und dem Zustand der Räder generell bei einem Wechsel der Bremssohlen erfolgen, kann aber auch in kürzeren Zeitabständen bei geeigneter Gelegenheit ausgeführt werden. Die Klangprobe bietet eine Kontrolle mit aussagekräftigem Ergebnis bei geringstem Aufwand und Einsatz einfachster Mittel an.

Vorgehen zur Klangprobe:

- Bremse vollständig lösen
- Rad mit Stahlhammer im Bereich 2 bis 5 Uhr oder 7 bis 11 Uhr am Umfang leicht an der Laufläche oder an der Aussenseite des Radkranzes anschlagen, das Rad klingt nach, der Klang des Rades gibt einen Hinweis auf dessen Zustand:
 - Heller, reiner Klang: Rad ist in Ordnung
 - Dumpfer Klang: Gesamtes Rad genauer auf Risse untersuchen

Irreführende Testergebnisse

Der Test auf der 12-Uhr-Position (obere Position des Rades) klingt immer gedämpft. Radsätze mit angezogenen Bremsklötzen oder nicht vollständig gelösten Bremsklötzen klingen ebenfalls dumpf oder gedämpft. In diesem Fall ist das vollständige Lösen der Bremsklötze zu prüfen.

Im Falle eines dumpf klingenden Rades ist es immer notwendig, das gesamte Rad mit geeigneten Methoden auf Risse zu untersuchen. Dazu ist der Radsatz in der Regel auszubauen.



Abbildung 6-121: Klangprobe am eingebauten Radsatz [JNS Normales Verfahren "Unfall Gotthard-Basistunnel - gebrochene Räder", Abschlussbericht]

67 Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP)

Die zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) arbeitet mit verschiedenen Methoden, um insbesondere Materialfehler und Schäden im Entstehungsstadium festzustellen, ohne dabei die zu prüfenden Bauteile selbst zu verändern. Die Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung sind daher eher als Werkstückprüfung zu bezeichnen.

6.17.1 7.1 Methoden der zerstörungsfreien Prüfung

Basierend auf den angewendeten Methoden können die technischen Prüfverfahren in vier Gruppen aufgeteilt werden:

- Kapillarverfahren
- magnetische und induktive Verfahren
- Schallverfahren
- Strahlenverfahren

Nicht zu den technischen Prüfverfahren gezählt wird die Sichtkontrolle per Auge, die aber auch eine zerstörungsfreie Prüfung darstellt. Die Begriffe zur ZfP werden in den SN EN 1330-1 genau definiert.

6.1.17.1.1 7.1.1 Kapillarverfahren

Die **Kapillarverfahren (Eindringverfahren)** beruhen auf der als Kapillarität bekannten Eigenschaft von Flüssigkeiten. Dazu werden Flüssigkeiten mit geringer Oberflächenspannung und möglichst geringer Zähigkeit verwendet. In der Regel ist dies eine sehr dünnflüssige rote Farbe. Das Bauteil wird mit dieser Flüssigkeit besprüht, wobei sie infolge der Kapillarkwirkung in Spalten, Poren oder Risse tief eindringt. Die an der Oberfläche haftende Farbe wird danach entfernt und das Bauteil mit einem Entwickler überzogen. In diesen Entwickler dringt die in den Oberflächenfehlern noch vorhandene Farbe durch die Kapillarkwirkung ein und zeichnet so die Fehler deutlich und stark verbreitet auf der weissen Entwicklerfläche ab. Dabei sind auch feinste Risse erkennbar.

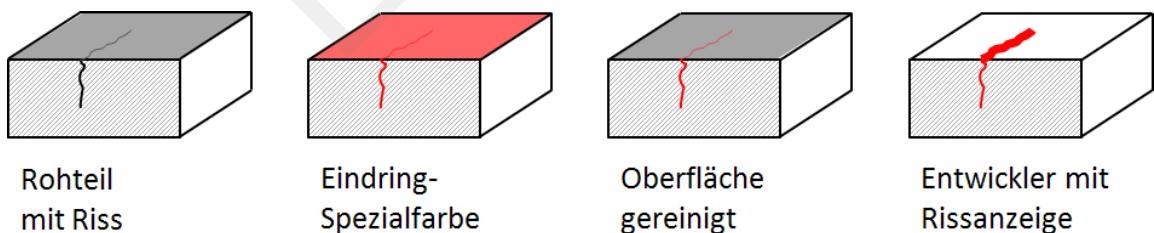


Abb. 7.1.1-1: Abbildung 7-1: Funktion des Kapillarverfahrens.

Das Kapillarverfahren wird bei der Prüfung von Radsatzbauteilen vorzugsweise zur Schnellprüfung in eingebautem Zustand eingesetzt.

Entwurf

6.1.27.1.2 7.1.2 Magnetische und induktive Verfahren

Bei diesen Methoden werden magnetische Felder zum Erkennen von Fehlern genutzt. Es wird unterschieden zwischen magnetischem Streufluss-Verfahren und induktiven Verfahren.

Beim **magnetischen Streufluss-Verfahren (Magnetpulver-Prüfung)** können Makrofehler in und dicht unter der Oberfläche direkt sichtbar gemacht werden. Dabei wird der Verlauf der Kraftlinien eines Magnetfeldes so gestört, dass die Linien aus der Oberfläche des Prüfteiles austreten und ein Streufluss entsteht. Wird die Oberfläche mit ferromagnetischen Teilchen bedeckt – meist in Form einer Suspension aus Öl und Pulver – so ordnen sich diese längs der austretenden Kraftlinien an und zeichnen damit das Bild des Fehlers an der Oberfläche nach.

Für das Austreten der Kraftlinien an einem Fehler ist es notwendig, dass die Längsrichtung des Fehlers möglichst senkrecht zu den Kraftlinien des Magnetfeldes ist. Um Längs- und Querrisse zu erfassen, müssen zwei verschiedene Magnetfelder durch Polarisierung und Stromdurchfluss erzeugt werden.

Das magnetische Streufluss-Verfahren eignet sich nur für ferromagnetische Werkstoffe.

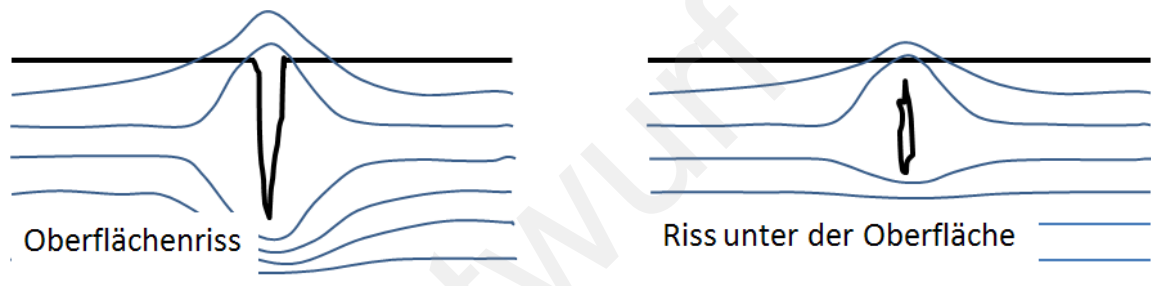


Abb. 7.1.2-1: Abbildung 7-2: Störung magnetischer Kraftlinien durch Risse-

Dieses Verfahren wird bevorzugt für die Prüfung von Radsatzbauteilen in demontiertem Zustand angewendet, insbesondere für Vollwellen und Radscheiben.

Das **induktive Verfahren (Wirbelstromverfahren)** gestattet nur eine indirekte Fehleranzeige. In einem Erregersystem werden zeitlich veränderliche Magnetfelder erzeugt, die in den Randbereichen des Prüfkörpers Wirbelströme erzeugen. Diese bewirken ihrerseits ein Magnetfeld, das sich mit dem Erregerfeld überlagert. Ein Messsystem verarbeitet das Gesamtfeld zu einem Messsignal. Ist das Werkstück fehlerhaft, so ergibt sich eine andere Überlagerung als bei einem fehlerfreien Werkstück. Fehler können also nur erkannt werden, wenn das Messsystem an einem fehlerfreien Werkstück kalibriert wurde. Das Messsignal lässt in der Regel keine Aussage über die Art des Fehlers zu.

Dieses Verfahren wird vorzugsweise zur Prüfung von Oberflächenbeschichtungen (Schichtdicke) eingesetzt.

Entwurf

6.1.37.1.3 7.1.3 Schallverfahren

Bei der zerstörungsfreien Prüfung von Bauteilen mittels Schallwellen kommt in der Regel die **Ultraschallprüfung** zur Anwendung. Für die Prüfung von metallischen Bauteilen wird vorwiegend mit Frequenzen im Bereich 0.5 – 10 MHz gearbeitet. Je höher die Frequenz ist, umso besser lässt sich der Schallstrahl bündeln und umso kleinere Fehler können erkannt werden. Die theoretische Mindestgrösse eines erkennbaren Fehlers hängt von der Frequenz und der Schallgeschwindigkeit im zu prüfenden Material ab.

Am Häufigsten wird das Impulsecho-Verfahren verwendet. Dabei wird der Schall an der Grenzfläche zweier Medien reflektiert, z.B. Metall-Luft. Dort tritt praktisch eine Totalreflexion auf, wenn der Luftspalt grösser $10 \cdot 10^{-6}$ mm ist.

Damit der Schallimpuls vom Prüfkopf in das Werkstück eingeleitet wird muss zwischen Schallkopf und Werkstück ein Koppelungsmittel vorhanden sein (z.B. Öl). Der Sendepuls und sein Echo werden auf einem Anzeigegerät als Reflektogramm wiedergegeben.

Bei fehlerfreien Werkstücken ergibt sich nur ein Rückwandecho oder ein durch die geometrische Form bedingtes Formecho. Liegt zwischen Oberfläche und Rückwand eine weitere Trennfläche, so kann ein Zwischenecho oder Fehlerecho entstehen. Sofern die Trennfläche annähernd rechtwinklig zum Schallstrahl liegt, entsteht ein sauberes Fehlerecho. Meist kann der Fehler aber nur durch eine Abschwächung oder durch das Verschwinden des Rückwandechos festgestellt werden.

Die Anwendung des Verfahrens und die Deutung von Reflektogrammen erfordert trotz der einfachen Handhabung entsprechende Erfahrung. Die mit Sicherheit nachweisbaren Fehler sind dabei wesentlich grösser als die aus der Prüffrequenz errechenbare Mindestgrösse.

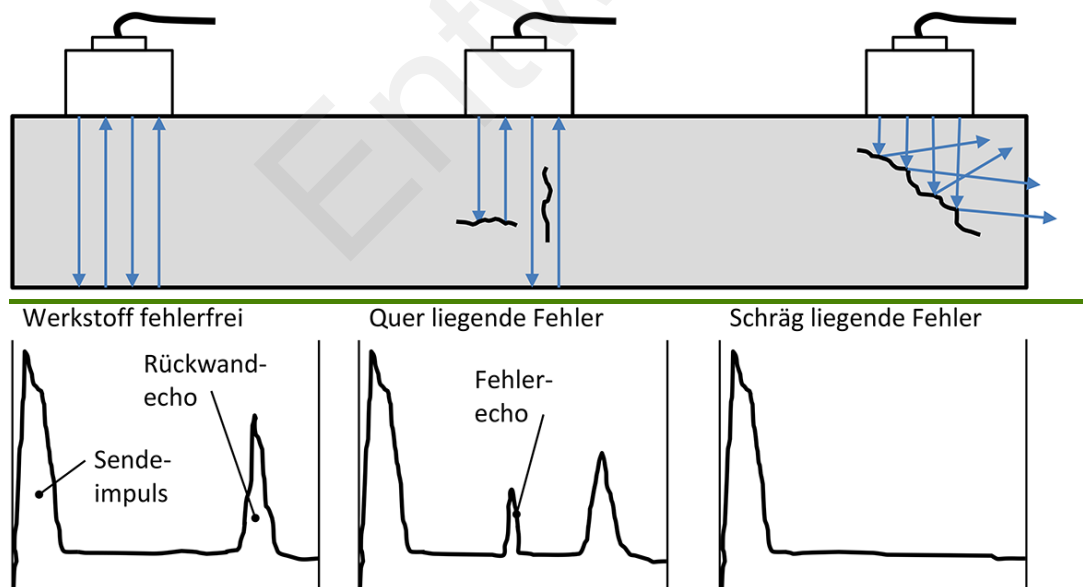


Abb.

7.1.3-1:

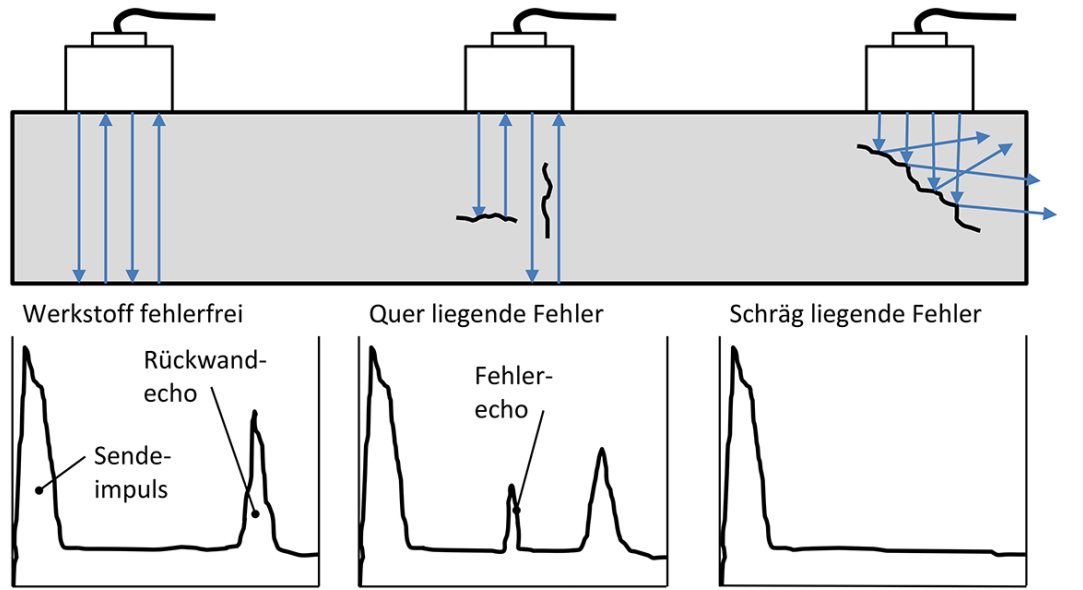


Abbildung 7-3: Strahlengang und Reflexion bei der Ultraschallprüfung.

Dieses Verfahren wird vorzugsweise zur Prüfung von Radsatzwellen und Radkränzen eingesetzt.

Entwurf

6.1.47.1.4 7.1.4 Strahlenverfahren

Kurzweilige elektromagnetische Strahlen (Röntgenstrahlen, Gamma-Strahlen) durchdringen auch Metallteile. Die Strahlen werden je nach Werkstoff, Bauteildicke und Wellenlänge abgeschwächt. Die Reststrahlung hinter dem Bauteil wird auf Fotomaterial registriert. Damit Fehler gut erkennbar sind müssen Strahlungsintensität, Wellenlänge, Dicke des Bauteils und die Belichtungszeit aufeinander abgestimmt sein. Bei der Durchführung von Röntgen- oder Gamma-Prüfungen sind umfangreiche Strahlenschutzregeln zu beachten.

Diese Art der Prüfung hat im Bereich der Instandhaltung von Radsätzen keine Bedeutung.

6.1.57.1.5 7.1.5 Angewendete Prüfverfahren an Radsätzen

Folgende Prüfverfahren werden üblicherweise bei einer ZfP an Radsätzen und deren Bauteilen angewendet:

- UT: Ultraschall-Prüfung (UT = Ultrasonic Testing)

Die UT-Prüfung ist ein volumetrisches Prüfverfahren und kann das ganze Materialvolumen des Prüfstückes erfassen.

- MT: Magnetpulver-Prüfung (MT = Magnetic Testing)
- PT: Eindringprüfung (PT = Penetration Testing)
- VT: Sichtprüfung (VT = Visual Testing)
- ET: Wirbelstromprüfung (ET = Eddy current-Testing)

Die vier vorgenannten Prüfverfahren erfassen nur Fehler an der Werkstückoberfläche und bedingt Fehler direkt unter der Oberfläche.

6.1.67.1.6 7.1.6 Anforderungen an das Prüfpersonal

Das Prüfpersonal für die ZfP hat mindestens eine gültige verfahrensspezifische Qualifikation Stufe 1 nachgemäss SN EN ISO 9712 aufzuweisen. Da der Bereich der Radsatzwellen und Vollräder ein sehr spezielles Tätigkeitsgebiet besonders bei der UT-Prüfung darstellt, ist dem eingesetzten Prüfpersonal in einer eisenbahnspezifischen Ausbildung die notwendige Branchenkenntnis zu vermitteln.

Zur Erstellung von Prüfanweisungen sowie zur Einzelfallbeurteilung ist Prüfpersonal der Stufe 2 nachgemäss SN EN ISO 9712 notwendig. Die Prüfaufsicht und die Freigabe der Prüfanweisungen hat durch Prüfpersonal der Stufe 3 nachgemäss SN EN ISO 9712 zu erfolgen. Die Aufgaben Stufe 2 und 3 können auch durch externe Partner wahrgenommen werden.

Ebenfalls unter den Begriff ZfP fällt die rein visuelle Kontrolle am eingebauten Radsatz im Zuge der präventiven Instandhaltung am Fahrzeug (entspricht Kontrolle K1 gemäss Kapitel 8). Dazu muss das Personal entsprechend geschult werden, aber nicht nachgemäss SN EN ISO 9712 qualifiziert sein. Befunde aus der Kontrolle K1 müssen durch eine Prüfperson VT Stufe 1 beurteilt werden.

Entwurf

~~6.27.2~~ ~~7.2~~ Prüfintervalle für ZfP

Während der Aufarbeitung von Radsätzen im demontierten Zustand («schwere Instandhaltung») wird immer eine zerstörungsfreie Prüfung (Risskontrolle) an den Radsatzkomponenten durchgeführt. Sämtliche Radsatzwellen (Hohl- und Vollwellen) müssen vor der Montage neuer Vollräder oder Radreifen mit geeigneten Mitteln und Verfahren geprüft werden (siehe auch Abschnitt ~~7.3~~ 7.3). An Radsätzen, die bei schwerer Instandhaltung nur eine Reprofilierung erhalten, ist eine Radkranzprüfung zwingend durchzuführen. Die Revisionsintervalle für Fahrzeuge müssen auf diese Erfordernisse abgestimmt werden, wenn es Vorgaben von Herstellern oder Behörden gibt bezüglich eines Prüfintervalles zu einer Radsatzbauart.

Die Anforderung eines definierten Prüfintervalles kann auch durch eine Prüfung in der leichten Instandhaltung erfüllt werden (prüfen von Radsätzen im eingebauten Zustand). Speziell geeignet sind hierzu Hohlwellen, die durch Demontage des Radsatzlagerdeckels einer UT-Prüfung sehr gut zugänglich sind. Es können aber auch Vollwellen in kritischen Zonen im eingebauten Zustand geprüft werden. Für Fahrzeuge höherer Belastung oder höherer Verkehrsgeschwindigkeit empfiehlt sich zudem die Prüfung der Radkränze nach Reprofilierung der Radsätze im eingebauten Zustand.

Gründe für eine ZfP anlässlich der leichten Instandhaltung sind:

- Herstellervorgaben oder Vorgaben von hoheitlichen Behörden bzw. Vorgaben des ECM 2 (vorgegebene Prüfintervalle, welche geringer sind, als die Intervalle der schweren Instandhaltung ~~7.1~~)
- bei besonderen Umständen (Einsatz hochlegierter Stahlsorten, speziellen Werkstoffen, speziellen Vorkommnissen, geänderten Einsatzbedingungen ~~etc. 7.1~~)
- Erfordernisse, die aus der Betriebserfahrung entstehen.

Die Festlegung von Prüfintervalen muss an folgenden Grundsätzen orientiert werden:

- Herstellervorgaben oder Vorgaben hoheitlicher Behörden bzw. Vorgaben des ECM 2
- Betreibererfahrung (nach welcher Einsatzdauer wurden bereits Anrisse festgestellt, wie tief waren diese ~~7.1~~ Anrisse?)
- Nachweisgrenze des Prüfverfahrens als Basis für eine bruchmechanische Nachrechnung der Lebensdauer, allenfalls unter Einbezug eines gemessenen realen Lastkollektives.

Für Güterwagenradsätze gelten die Vorgaben gemäss Kapitel ~~10~~ 10.

Entwurf

6.37.3 7.3 Vorgehen und Tätigkeiten

Risskontrolle Hohlwellen im ausgebauten Zustand

Als vorbereitende Massnahme muss je nach Art der ZfP an den zu prüfenden Stellen die Lackierung entfernt werden (siehe dazu Abschnitt ~~12.1.1 und 12.1.2~~ 12.1.1 und 12.1.2 bezüglich Reinigungsmethoden und Reinigungsstandart).

- Sämtliche Hohlwellen werden mittels UT und/oder MT geprüft.
- Die Prüfung erfolgt über die gesamte Länge der Hohlwelle.

Risskontrolle Vollwellen im ausgebauten Zustand:

Als vorbereitende Massnahme muss je nach Art der ZfP an den zu prüfenden Stellen die Lackierung entfernt werden (siehe dazu Abschnitt ~~12.1.1 und 12.1.2~~ 12.1.1 und 12.1.2 bezüglich Reinigungsmethoden und Reinigungsstandart).

- Prüfung der Vollwelle im komplett demontierten Zustand vorzugsweise mit MT-Verfahren über den gesamten Bereich.
- Rad und Bremsscheibe montiert ~~+/~~ demontiert:
je nach Messausrüstung und Erfahrungen des Instandhaltungsbetriebes UT oder MT oder Kombinationen davon.

Risskontrolle Hohlwellen im eingebauten Zustand

- Hohlwellen entsprechend den Erfordernissen der Prüfintervalle mittels US prüfen.

Die Prüfung erfolgt über die gesamte Länge der Hohlwelle.

Risskontrolle Vollwellen im eingebauten Zustand:

Als vorbereitende Massnahme muss je nach Art der ZfP an den zu prüfenden Stellen die Lackierung entfernt werden (siehe dazu Abschnitt ~~12.1.1 und 12.1.2~~ 12.1.1 und 12.1.2 bezüglich Reinigungsmethoden und Reinigungsstandart).

- Prüfung der Vollwelle in Teilbereichen mit UT entsprechend den Erfordernissen der Prüfintervalle.

Risskontrolle Radkörper:

UT-Prüfung der Lauffläche nach Reprofilierungen im ausgebauten Zustand im Rahmen einer Revision oder wenn der Radsatz für den Einbau in ein revidiertes Fahrzeug vorgesehen ist, entspricht dem Stand der Technik. Bei UFD-Behandlungen und Reprofilierung des Radsatzes innerhalb eines Revisionsintervalles des Fahrzeugs wird die UT-Prüfung der Lauffläche empfohlen.

Definierte Zonen der Radscheiben (Steg) MT oder UT geprüft entsprechend Betreibererfahrungen

Risskontrolle Antriebszahnrad:

- Prüfung definierter Zonen des Antriebszahnrades bei Bedarf

Risskontrolle Bremsscheiben:

- Prüfung der Bremsscheiben nur mittels visueller Kontrolle (Angaben gemäss Hersteller).

Kontrolle Lackierung ~~+/~~ Korrosionsschutz:

- Visuelle Kontrolle auf Beschädigungen, Steinschlag ~~+/~~ Kerben, etc.

Für Güterwagenradsätze gelten die Vorgaben gemäss Kapitel ~~10~~ 10 (IS 0 bis IS 3).

6.47.4 7.4 UT-Prüfung

Für die UT-Prüfung ist eine **Justierung der Prüfempfindlichkeit** des verwendeten Prüfsystems für jeden Bauteiltyp individueller Abmessung notwendig. Die Justierung der Prüfempfindlichkeit hat vor jeder Arbeitsschicht oder jeder Einzelteilprüfung zu geschehen. Für die Justierung können folgende Mittel zur Anwendung gelangen:

- **Musterstück** (Formgleich zum Prüfling) mit **Sägeschnitten** (Musterfehlern) in den unterschiedlichen Prüfbereichen. Die Sägeschnitte simulieren Risse und sollen nur so tief gelegt werden, dass sie mit dem Prüfsystem noch knapp erkannt werden können. Die daraus resultierende Prüfempfindlichkeit stellt die Nachweisgrenze des Prüfsystems dar.
- **Geometrieanzeigen aus Referenzkörpern** mit bekannter Anzeigedifferenz zu den unterschiedlichen Prüfbereichen und Musterfehlern des Prüflings
- **Geometrieanzeigen aus Prüflingen** bekannter Geometrie. Die Prüfempfindlichkeit für die einzelnen Prüfbereiche wird als Differenz zur entsprechenden Geometrieanzeige definiert.

Zur Bewertung der Anzeigen bei einer Bauteilprüfung müssen Akzeptanzkriterien definiert werden. Diese geben an, welche Anzeigen bei justierter Prüfempfindlichkeit noch zulässig oder nicht mehr zulässig sind.

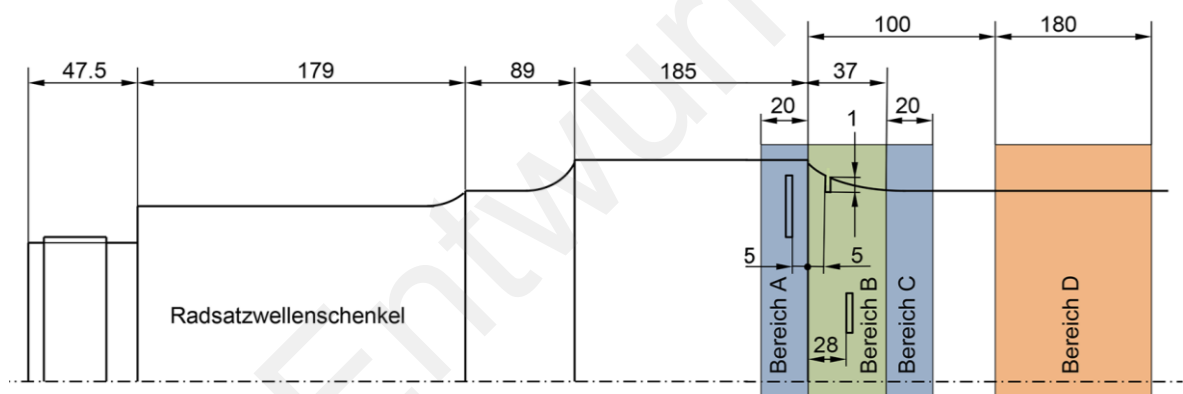
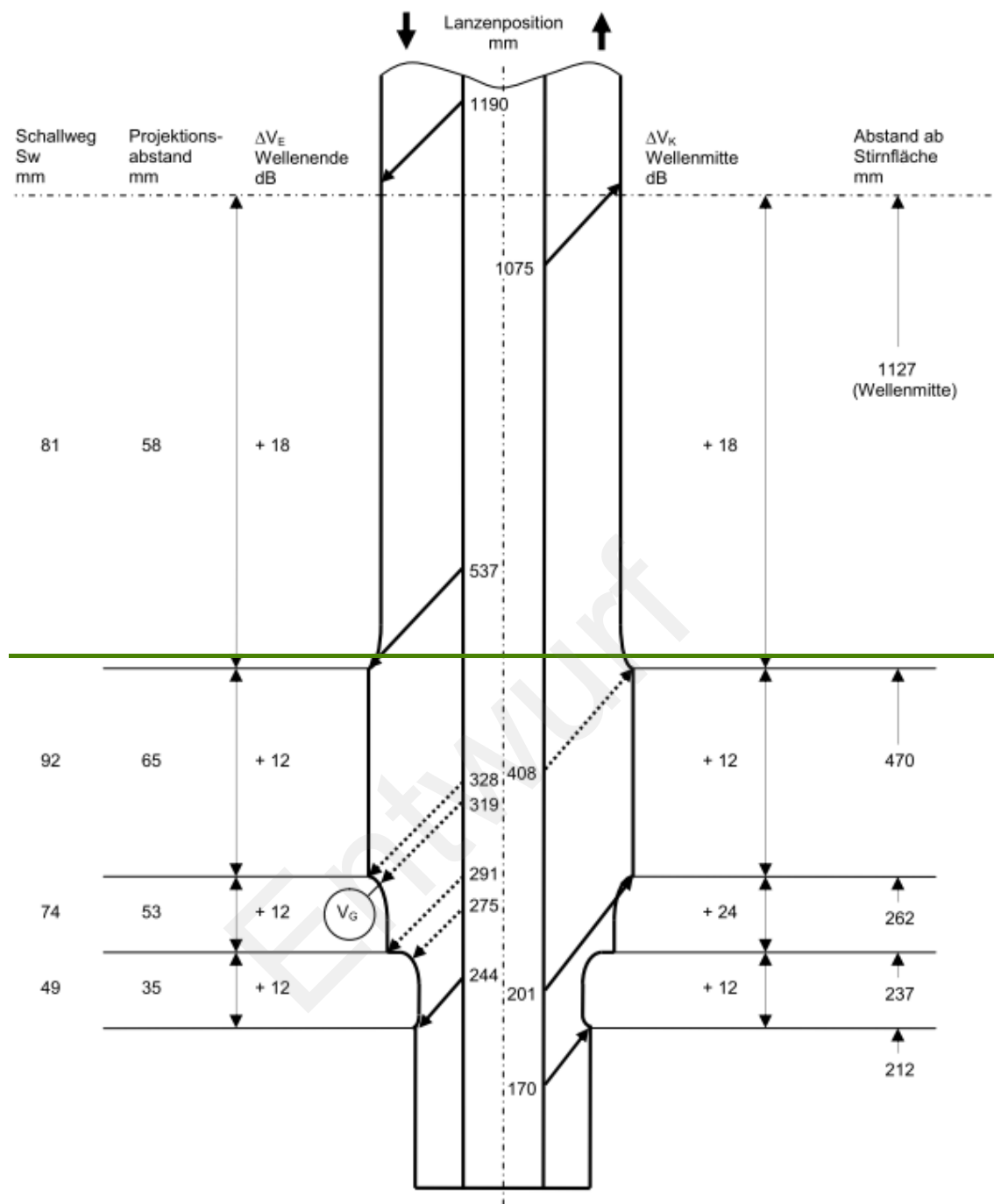


Abb. 7.4-1: Abbildung 7-4: Skizze einer Radsatzwelle mit definierten Prüfbereichen A bis D und Musterfehlern, Beispiel für eine einfache manuelle UT-Prüfung.



V_G = Justierreflektor für Grundverstärkung

ΔV = Zusatzverstärkung für Empfindlichkeitsjustierung

.....→ Formecho zu erwarten

————→ kein Formecho zu erwarten

~~Abb.~~

7.4-2:

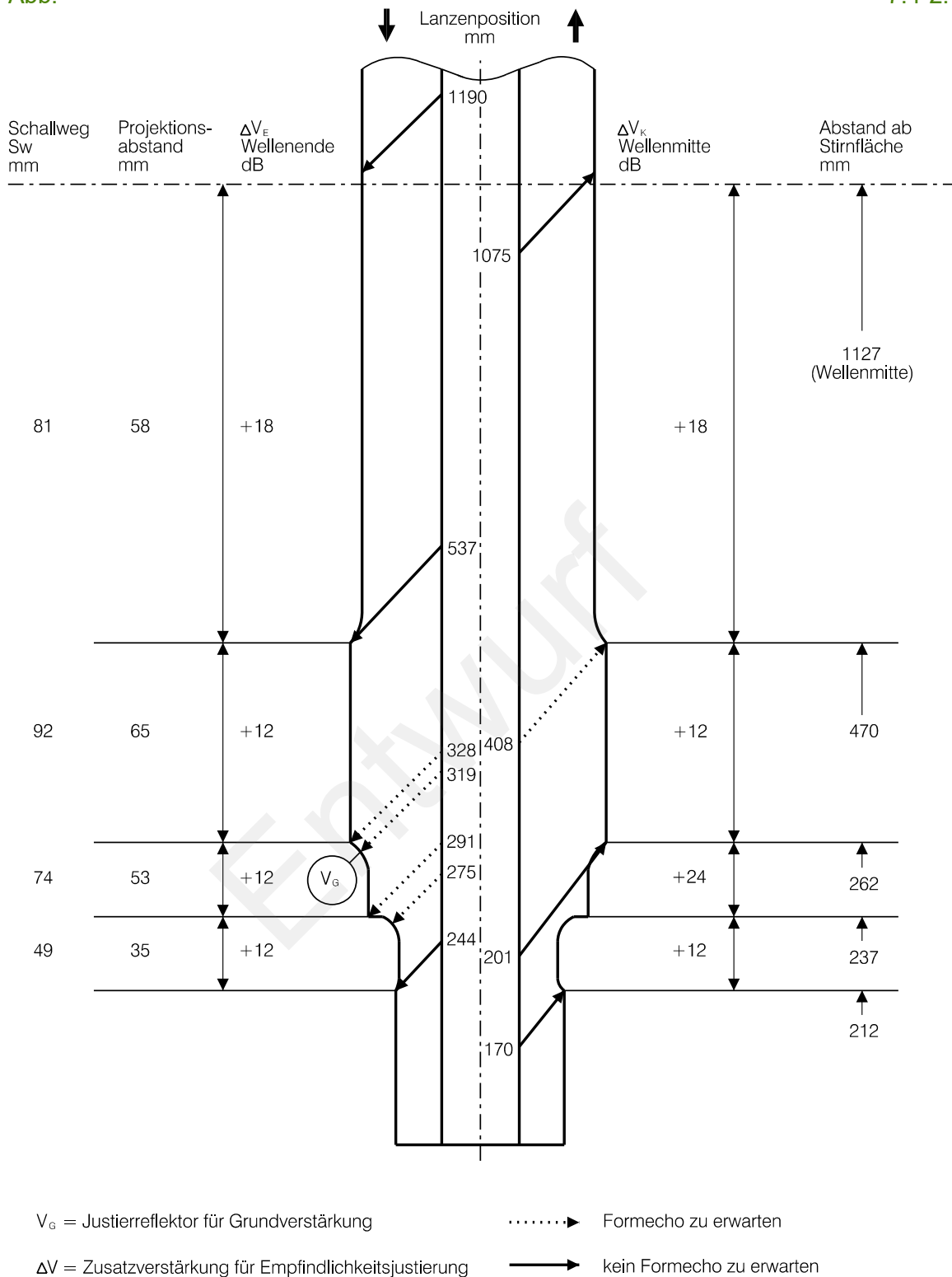


Abbildung 7-5: Prüfskizze für eine Hohlwelle, die ganze Welle wird geprüft. Beispiel für eine komplexe Prüfung (manuell oder automatisiert). Das Formecho in Position V_G wird als Justieranzeige für die Empfindlichkeitsjustierung verwendet. Der Wert ΔV wird zur Anzeigenbewertung in der entsprechenden Zone benutzt.

Prüfmittel können handelsübliche Ultraschallprüfköpfe mit Frequenzen von 1 – 5 MHz sein. Dies können Ein- oder Mehrschwingerprüfköpfe sein. Eine spezifische Prüfkopfform ist der sogenannte Hohlwellenprüfkopf, welcher für die Prüfung von Hohlwellen entwickelt worden ist. Dieser wird auf eine Lanze montiert, welche die Bewegung und Positionierung des Prüfkopfes in der Hohlwellenbohrung erlaubt.

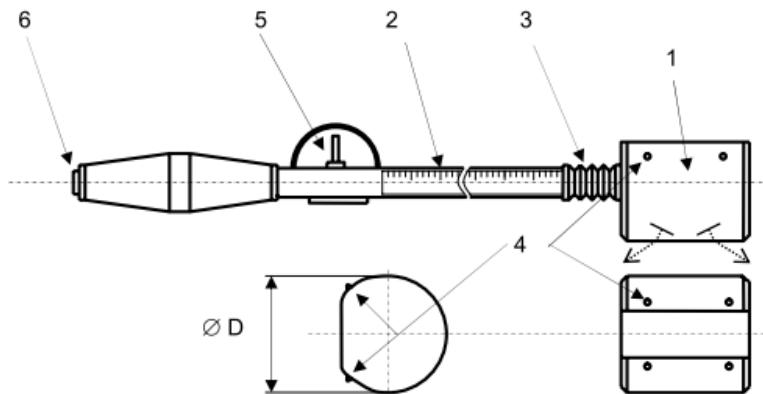


Abb. 7.4-3: Skizze einer Hohlwellenprüflanze.

Legende zu Abbildung 7-6:

- 1 Prüfkopfhalter zur Aufnahme von zwei Winklprüfköpfen.
- 2 Lanze mit je einer Skalierung pro Prüfkopf.
- 3 Bewegliche Verbindung zwischen Lanze und Prüfkopfhalter.
- 4 Andruckstücke im Prüfkopfhalter für die Ankoppelung.
- 5 Wählschalter für Prüfkopfbeschaltung.
- 6 Einkanalige Anschlussbuchse zum Prüfgerät.

Legende zu Abb. 7.4-3: Skizze einer Hohlwellenprüflanze.

Prüfgeräte können für einfachere Handprüfungen **durchaus** den gängigen Industriestandards folgen. Für komplexe Prüfungen sind aber spezifische Geräte entwickelt worden:

- Automatisierte Hohlwellenprüfanlagen.
- Radkranzprüfanlagen für Überflur- oder Unterfluranwendung.

Diese Anlagen bieten eine höhere Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit der Prüfung, sowie in den meisten Fällen auch eine bessere Dokumentation der Prüfergebnisse.

|

Entwurf



Abb.

7.4.4:



Abbildung 7-7: Automatisierte Hohlwellenprüfanlage: rechts die Referenzkörper (blau) mit Musterfehlern zum Justieren der Anlage, links die Vorschubeinheit zum Prüfkopfträger.



Abb.

7.4.5:



Abbildung 7-8: Prüfkopfträger einer Hohlwellenprüfanlage.



Abb. 7-4-6: Abbildung 7-9: Mobile Hohlwellenprüfanlage-



Abb.

7.4-7:

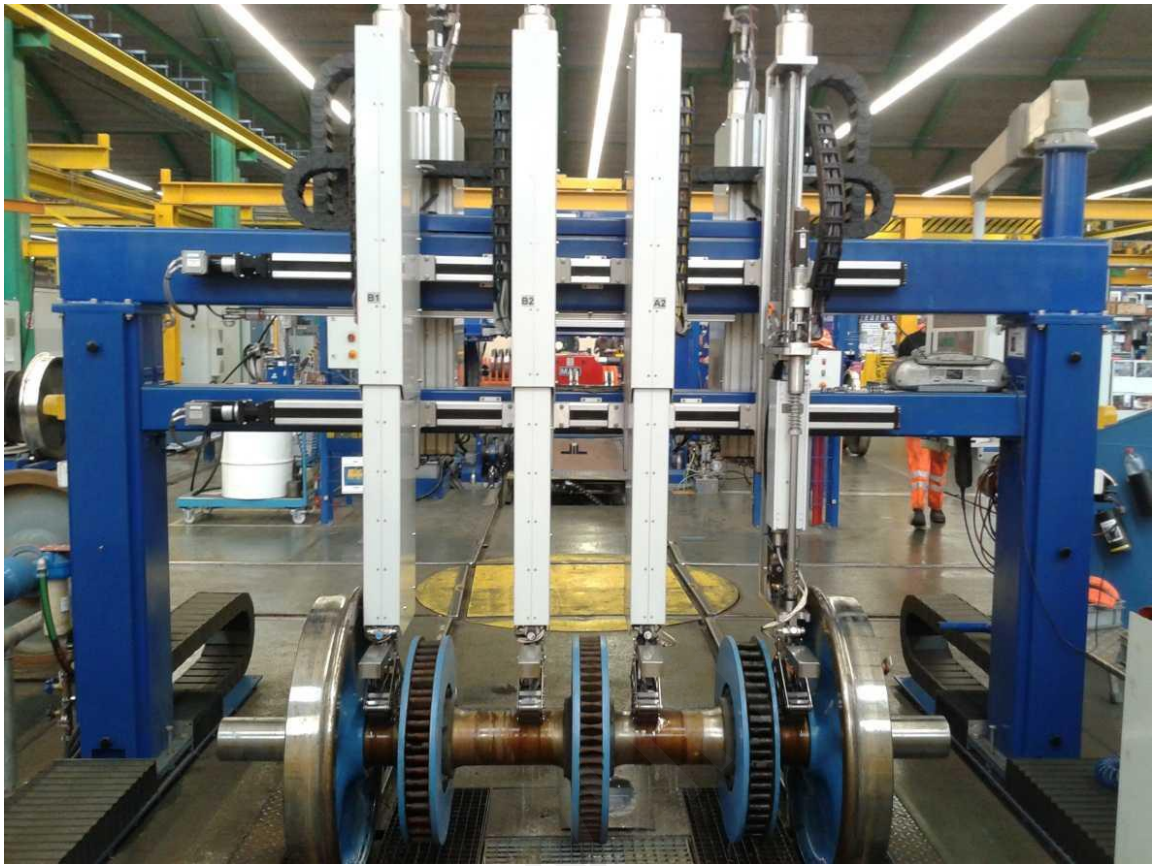


Abbildung 7_10: Automatisierte Vollwellenprüfanlage.



Ab

Entwurf einzige Vernehmlassung vom 3.8.2026 mit Differenzen zur 1. Ausgabe



Abb.

7.4-9:



Entwurf

6.57.5 ~~7.5~~ MT-Prüfung

Für die Prüfung von eisenbahnspezifischen Bauteilen im Radsatzbereich können die gängigen Industriestandards und Normen angewendet werden (z.B. Normenreihe SN EN ISO 9934 oder SN EN 1369). Prüfausrüstung (z.B. Handjochmagnet oder Prüfbank), Prüfmittel (fluoreszierende Mittel oder Mittel für Tageslichtanwendung) sowie Hilfsmittel unterscheiden sich nicht wesentlich von sonstigen industriellen Anwendungen.

Für Prüfstücke muss eine definierte zulässige Anzeigengrösse festgelegt werden. Die Grössenklassen der Anzeigen folgen den gängigen Industriestandards für MT-Prüfung. Im Radsatzbereich werden im Allgemeinen nur sehr kleine Anzeigen toleriert, besonders in hochbelasteten Bereichen wie Radienübergängen (z.B. Anzeigenlänge < 1.5 oder 0.3 mm gemäss Gütestufen nach Norm).

Bei der MT-Prüfung muss den Erfordernissen an die Umweltbedingungen (Lichtverhältnisse) besonders Rechnung getragen werden. Diese sind in Eisenbahnwerkstätten oftmals nicht ohne weiteres genügend, so dass Verdunkelungsmöglichkeiten für eine zuverlässige Anzeigenbeurteilung notwendig sind.

6.67.6 ~~7.6~~ ET-Prüfung

Dieses Prüfverfahren kann ergänzend zur UT-Prüfung bei automatisierten oder teilautomatisierten Prüfverfahren zur Anwendung kommen bei Laufflächenprüfungen an Radkränzen.

78 8 Planung und Intervall der Instandhaltung

7.18.1 8.1 Systematik der Instandhaltungsintervalle

Grundsätzlich werden bei allen Radsätzen ähnliche Tätigkeiten zur Instandhaltung ausgeführt. Aus Gründen des unterschiedlichen Fahrzeugeinsatzes hat sich dabei für die Güter- und Dienstwagen ein eigenes System entwickelt, da die Radsätze dieser Fahrzeuge nicht planmässig in kurzen Intervallen eine Werkstatt des Fahrzeughalters anlaufen. Der Unterschied dieser Systematik ist in nachfolgender [Abbildung 8-1](#) dargestellt.

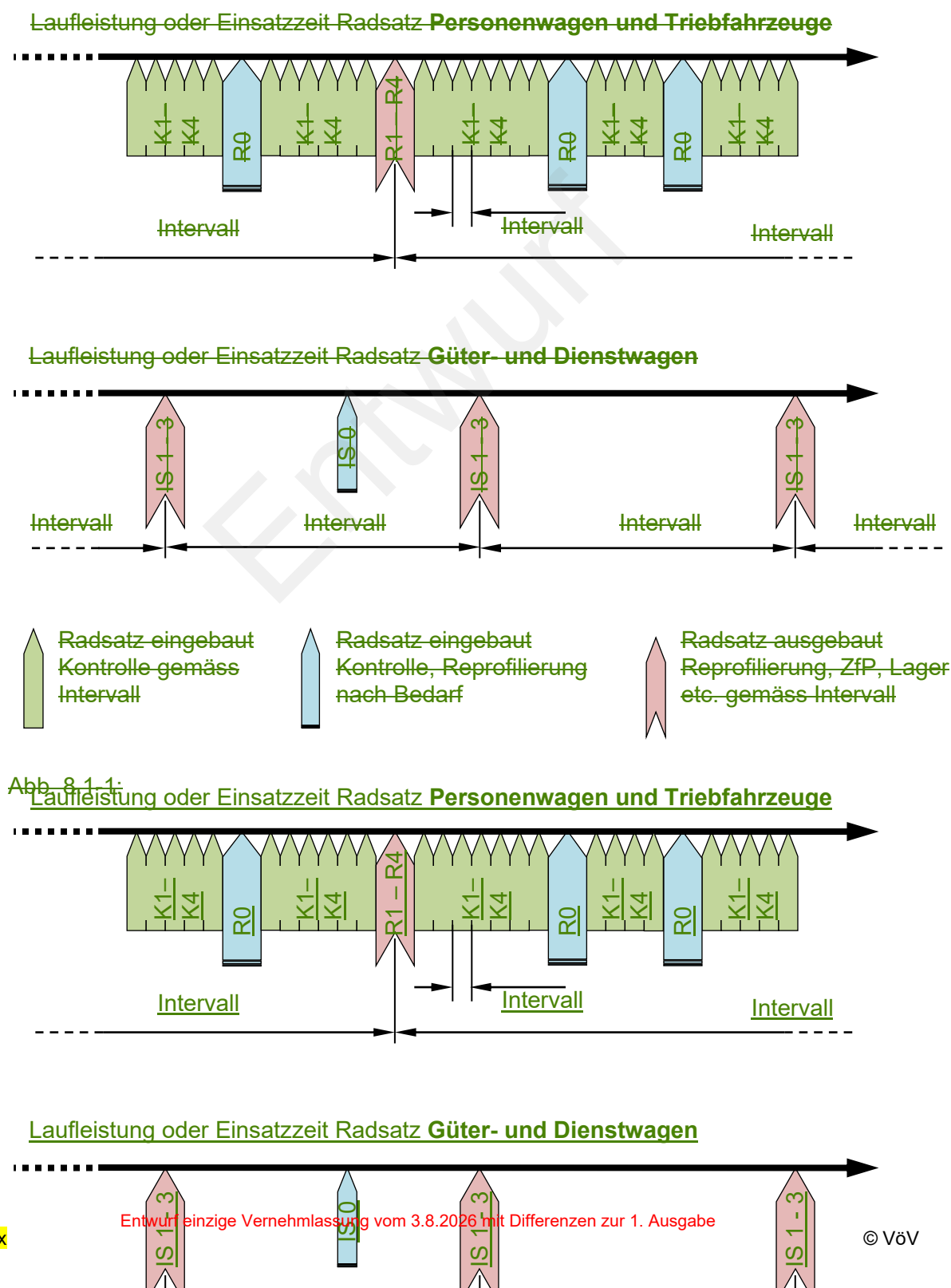


Abbildung 8-1: Unterschied der Instandhaltungssystematik zwischen Personenfahrzeug- bzw. Lokradsätzen und Güterwagenradsätzen.

Damit gilt es insbesondere zu beachten, dass verschiedene Instandhaltungsstufen nicht vorgängig planbar sind, sondern auf Basis der aktuellen Befunde notwendig werden. Diese notwendige Flexibilität muss bei der Planung berücksichtigt werden.

Ebenso sind die Inhalte der Instandhaltung zwischen Personenfahrzeug- und Lokomotivradsätzen und Güter- bzw. Dienstwagenradsätzen nicht immer identisch.

Grundsätzlich gilt:

Durch die Instandhaltungsarbeiten ist sicher zu stellen, dass der Radsatz sämtliche Anforderungen an die Sicherheit bis zur nächsten vorgesehenen Instandhaltung erfüllen kann. Wünschenswert ist ebenfalls, dass die Anforderungen an Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit ebenso erfüllt werden, wobei die Aspekte der Sicherheit in jedem Fall prioritär sind.

7.28.2 8.2 Instandhaltungsintervalle von Reisezugwagen- und Triebfahrzeugradsätzen

Die Instandhaltung der Radsätze hat sich an den allgemeinen Empfehlungen der AB-EBV zu orientieren. In Art. 13 (5.1 und 5.2) wird unterschieden zwischen

- Kontrollen (Inspektion) (K1 – K4) und
- Revisionen (Instandsetzung) (R0 – R4).

Die Intervalle für Kontrollen (Inspektion) und Revisionen (Instandsetzung) sind zum Teil abhängig vom Fahrzeugtyp (Fahrzeuggruppe nachgemäss AB-EBV zu Art. 13, AB 13.3, Ziff. 5.1 und 5.2). Der Fahrzeughalter ist jedoch frei, andere Kontrollen und Zeitintervalle einzuführen.

7.2.18.2.1 8.2.1 Kontrollstufen (Inspektion)

Die Kontrollen umfassen visuelle und funktionelle Prüfungen im Rahmen der präventiven Instandhaltung. An Radsätzen umfassen diese Prüfungen visuelle und geometrische (also durch Messen zu erhebende Daten) Tätigkeiten. Die Arbeitsinhalte und Intervalle sind wie folgt definiert:

7.2.1.18.2.1.1 8.2.1.1 Kontrollstufe K1 Zeit- und laufleistungsabhängig

Die Festlegung der Intervalle zur Ausführung der Kontrollstufe K1 erfolgt durch den Fahrzeughalter. Es wird empfohlen, dieses Intervall mit einer Grössenordnung von ca. 7 – 30 Tage oder ca. 5'000 – 20'000 km anzusetzen.

Folgende Tätigkeiten sind auszuführen:

- visuelle Kontrolle des Radprofilzustandes.
- Prüfen Raddurchmesser durch visuelle Kontrolle der Verschleissrille.
- geometrische Prüfung durch Lehren bei Verdacht auf Grund der visuellen Kontrolle des Radprofils (q_R , Hohllauf, Auswalzungen, etc.)
- visuelle Kontrolle der Laufflächen auf Flachstellen, Ausbröckelungen, etc.
- visuelle Kontrolle der Radsatzwelle auf Beschädigungen
- visuelle Kontrolle des Radsatzlagergehäuses auf Fettaustritt und mechanische sowie thermische Schäden
- visuelle Kontrolle des Sprenglings bei bereiften Radsätzen
- Überprüfungen von betrieblichen Meldungen zum Lauf des Fahrzeuges (z.B. Rundlaufprüfung bei Rollgeräuschen, instabiler Lauf)

Entwurf

7.2.1.28.2.1.2 8.2.1.2 Kontrollstufen K2 / K3 / K4 Zeit- und lauleistungsabhängig

Die Festlegung der Intervalle zur Ausführung der Kontrollstufen K2, K3 und K4 erfolgt durch den Fahrzeughalter. Das Intervall sollte im Bereich 90 – 180 Tage oder ca. 20'000 – 150'000 km liegen.

Folgende Tätigkeiten sind auszuführen:

- alle Arbeitsinhalte aus der Kontrolle K1;
- geometrische Prüfung und Protokollierung der Radprofilmasse mit Messmittel (Sd, Sh, q_R, S_R, A_R, B_R, Hohllauf, Auswälzungen);
- Innerhalb der oben angegebenen Intervalle können je nach Verschleissverlauf und Betriebserfahrung einzelne Masse weniger oft überprüft werden.

Die Messung des Rund- und Planlaufs in Intervallen kleiner R0 wird in der Schweiz bisher nur in Ausnahmefällen nach Massgabe des Fahrzeugbetreibers ausgeführt.

7.2.28.2.2 8.2.2 Revisionsstufen (Instandsetzung)

Die Revisionen umfassen alle notwendigen Arbeiten zum Herstellen des Sollzustandes im Rahmen der kurativen Instandhaltung. Die Revisionsstufen werden in der Regel mit R0 bis R4 bezeichnet. Werden bei der Ausführung einer R-Stufe Schäden festgestellt, so ist der Radsatz in die nächsthöhere Revisionsstufe zu nehmen. Die Arbeitsinhalte und Intervalle sind in den nachfolgenden Abschnitten 8.2.2.1 und 8.2.2.2.1 und 8.2.2.2 definiert.

7.2.2.18.2.2.1 8.2.2.1 R0 bei Bedarf

In der Regel kann eine R0 nicht langfristig geplant werden da die auslösenden Kriterien ausser bei der präventiven Reprofilierung durch unterschiedliche Verschleissbedingungen beeinflusst werden. R0 werden in der Regel mit einem Vorlauf von 1 bis 4 Wochen geplant.

Dabei werden folgende Arbeiten am Radsatz ausgeführt

- Vollständige oder teilweise Reprofilierung (Nachdrehen) des Radprofils
- Prüfung von Rund- und Planlauf der Räder

Anlässlich einer R0 sollen die Radprofilmasse und der Raddurchmesser sowohl vor als auch nach der Behandlung nachvollziehbar protokolliert werden. Das aufgedrehte Radprofil ist im Protokoll eindeutig anzugeben.

7.2.2.28.2.2.2 8.2.2.2 R1 / R2 / R3 / R4 Zeit- und lauleistungsabhängig

Die Festlegung der Intervalle für die Durchführung der Revisionsstufen R1 bis R4 erfolgt durch den Fahrzeughalter (Empfehlung: ca. 4 – 10 Jahre, bezüglich der Laufleistung sind Herstellerangaben oder Betriebserfahrungen zu beachten). Die Revisionsstufen werden in der Regel dann ausgeführt, wenn

- die vorgegebene Laufleistung oder Einsatzzeit erreicht ist;
- die Radsatzlager die vorgegebene Laufleistung erreicht haben;
- der Radsatz neu beschiebt oder neu bereift werden muss;
- Anbauteile wie z.B. Getriebe revidiert werden müssen;
- der Radsatz einen anderweitigen Schaden erlitten hat (Heissläufer, Radreifenverschiebung, Entgleisung, etc.).

.)

Die Ausführung der Arbeiten R1 bis R4 erfolgt immer am ausgebauten Radsatz.

Die nachfolgenden Arbeiten sind je nach Laufleistung und Zustand des Radsatzes auszuführen:

- ZfP Radsatzwelle und Radkranz bei Vollrädern (UT, MT) ~~.)~~
- visuelle Kontrolle der Radsatzwelle auf Beschädigungen ~~.)~~
- visuelle Kontrolle der Radsatzlagergehäuse und Führungen ~~.)~~
- Rundlauf- und Planlaufprüfung Radsatzwelle und Räder ~~.)~~
- Revision oder Kontrolle der Radsatzlager (Fettzustand und Alter beachten) ~~.)~~
- vollständige Reprofilierung (Nachdrehen) des Radprofiles ~~.)~~
- wenn notwendig Ersatz Vollrad oder Radreifen ~~.)~~
- Revision oder Kontrolle von Antriebseinheiten ~~.)~~
- geometrische Prüfung aller freigelegten Partien der Radsatzwelle ~~.)~~
- Prüfen, Neuanstrich oder Ausbesserung der Beschichtung der Radsatzwelle ~~.)~~

Die Arbeitsausführung erfolgt gemäss Kapitel ~~9.9~~ ~~.)~~

Neben den angegebenen Arbeitsinhalten sind die Tätigkeiten und Instandhaltungsintervalle den konkreten Einsatzbedingungen, den Verschleissbildern und dem technischen Zustand der Fahrzeuge sowie ggf. der Betriebserfahrung anzupassen. Dies hat durch den Fahrzeughalter zu erfolgen.

~~7.38.3~~ ~~8.3~~ Instandhaltungsintervalle für Güter- und Dienstwagen

Die Instandhaltungsarbeiten haben sich grundsätzlich nachgemäss den Vorgaben ~~der in~~ den AB-EBV, aktuell gültigen SN EN-Normen und UIC-Richtlinien sowie den geltenden Unterhaltsvorschriften des Lieferanten zu richten. Wo keine Lieferantenvorschriften vorhanden sind, gelten die nachfolgenden Vorgaben.

Für die Instandhaltung von Radsätzen, welche in Güterwagen im internationalen Betrieb (TEN ~~–/–~~ RIV-Anschrift) eingesetzt werden, sind die internationalen Vorgaben der TSI, ERA ~~–/–~~ COTIF und VPI sowie dieser RTE-Regelung zu berücksichtigen. Bei unterschiedlichen Angaben bezüglich Instandhaltungsarbeiten oder einzuhaltenden Abmessungen resp. Grenzmassen sind die internationalen Vorgaben massgebend.

Neben der fristgerechten Instandhaltung nach vorgegebenen Intervallen gemäss Abschnitten ~~8.3.1 und 8.3.2~~ 8.3.1 und 8.3.2 können unplanmässige Revisionen durch folgende Ursachen notwendig werden (Aufzählung nicht abschliessend):

- Laufflächenschaden
- geometrische Masse ausserhalb der vorgegebenen Toleranzen ~~.)~~
- überhitzte Radscheibe
- Unfall des Fahrzeuges, in dem der Radsatz eingebaut war ~~.)~~
- Heissläufer
- Lagerdefekt (Geräusch beim Durchdrehen des Radsatzes) ~~.)~~
- unzulässiger Fettaustritt am Radsatzlagergehäuse ~~.)~~
- Auswalzungen
- fehlende Datenbänder oder Instandsetzungsmarken ~~.)~~
- fehlenden Teile oder Schäden am Radsatzlager resp. Radsatzlagergehäuse ~~.)~~
- zu lange Abstell ~~–/–~~ Lagerzeit des Radsatzes ~~.)~~
- Radsätze, die im Wasser gestanden sind standen (z.B. Hochwasser) ~~.)~~

Für die Instandhaltungsarbeiten werden die Radsätze dem Instandhalter in der Regel in ausgebautem Zustand angeliefert. Eine R0 (Reprofilierung auf der Unterflurdrehbank) ist bei Güter- und Dienstwagen nicht üblich.

Die Radsätze sollen vom Fahrzeughalter mit einem eindeutig zuweisbaren Diagnoseblatt bzw. Zustandsrapport versehen werden. Darauf sind allfällige Vorkommnisse, Feststellungen, Schäden, etc. oder die geplante Instandhaltungsstufe zu vermerken.

Entwurf

7.3.18.3.1 8.3.1 Intervalle für Güterwagenradsätze im internationalen Betrieb

Für die Instandhaltungsintervalle von Radsätzen für Güterwagen (TEN- oder RIV-Wagen), welche im internationalen Verkehr eingesetzt werden, sind die internationalen Vorgaben von TSI und ERA-/COTIF bzw. VPI einzuhalten.

Zur Planung der Instandhaltung werden die Radsätze in folgende Radsatzgruppen unterteilt:

		Lageruntersuchung mit ZfP nach	
Gruppe	jährliche Laufleistung	max. Laufleistung	max. Einsatzzeit ^{a)}
Messkreisdurchmesser grösser 840 mm			
A	< 30'000 km/Jahr	600'000 km	16 Jahre
B	≥ 30'000 bis < 50'000 km/Jahr		12 Jahre
C	≥ 50'000 bis < 80'000 km/Jahr		8 Jahre
Messkreisdurchmesser kleiner 840mm ^{b)}			
C	Unabhängig von der Laufleistung	600'000 km	8 Jahre

Tabelle 8-4-8-1: Intervalle für Güterwagenradsätze im internationalen Betrieb.

- a) Die Einsatzzeit beginnt mit dem Einbau in den Wagen. Bei Radsätzen diverser Bauarten ist die maximale Einsatzzeit separat geregelt (siehe dazu VPI 04).
- b) Für Sonderbauarten gelten die Angaben des Herstellers (z.B. Radsätze für RoLa-NT-Wagen).

Nach Ablauf der maximalen Laufleistung, jedoch spätestens nach der Überschreitung der maximalen Einsatzzeit der entsprechenden Radsatzgruppe sind die Radsätze auszubauen und der Radsatzinstandhaltung zuzuführen.

7.3.28.3.2 8.3.2 Intervalle für Güter- und Dienstwagenradsätze im nationalen Betrieb

Für die Bestimmung der Instandhaltungsintervalle von ausschliesslich im nationalen Verkehr Schweiz eingesetzten Güter- und Dienstwagen werden die Radsätze in Abhängigkeit ihrer Laufleistung in folgende Radsatzgruppen unterteilt:

Gruppe	jährliche, gemittelte Laufleistung ^{b)}	Lageruntersuchung mit ZfP nach	
		max. Laufleistung	max. Einsatzzeit ^{a)}
D 1	≥ 2'000 km/Jahr	Gemäss Abschnitt 8.2.18.2.1	Gemäss Abschnitt 8.2.18.2.1
D 2	< 2'000 km/Jahr	40'000 km	20 Jahre ^{c)}

Tabelle 8-2-8-2: Intervalle für Güter- und Dienstwagenradsätze im nationalen Betrieb.

- a) Die Einsatzzeit beginnt mit dem Einbau in den Wagen. Sonderbauarten unterliegen unter Umständen separaten Regelungen.
- b) Es wird keine Unterscheidung bei verschiedenartigen Raddurchmessern vorgenommen.
- c) Bedingt eine IS 0 mit Radsatzlagerkontrolle im eingebauten Zustand nach 10 Jahren Einsatzzeit (maximale Revisionsfrist nachgemäss AB-EBV für Fahrzeuge).

Nach Ablauf der maximalen Laufleistung, jedoch spätestens nach der Überschreitung der maximalen Einsatzzeit der entsprechenden Radsatzgruppe sind die Radsätze auszubauen und der Radsatzinstandhaltung zuzuführen.

Radsatzgruppe D 1:

sind Radsätze von Güter- und Dienstwagen, die ausschliesslich im nationalen Verkehr Schweiz eingesetzt werden und eine Laufleistung von mehr als 2'000 km pro Jahr aufweisen. Die Instandhaltung dieser Radsätze soll gleich wie bei TEN-/RIV-Wagen nach den internationalen Vorgaben der TSI und ERA-/COTIF bzw. VPI erfolgen. Sie werden je nach Laufleistung der Radsatzgruppe A bis C gemäss Tabelle 8-1 Tabelle 8-1 zugeordnet.

Radsatzgruppe D 2:

sind Radsätze von Güter- und Dienstwagen, die ausschliesslich im nationalen Verkehr Schweiz eingesetzt werden und eine Laufleistung von weniger als 2'000 km pro Jahr aufweisen. Die Instandhaltung der Radsätze von Güter- und Dienstwagen gemäss dieser Einteilung kann nach den Empfehlungen dieser RTE-Regelung erfolgen (siehe Tabelle 8-2) Tabelle 8-2). Dabei ist sicher zu stellen, dass der Radsatz nach einer Einsatzzeit von 20 Jahren mindestens eine Instandhaltung gemäss Stufe IS 2 erhält.

Entwurf

7.3.38.3.3 8.3.3 Unterschied der Intervalle im internationalen und nationalen Betrieb

Die Ergänzung der international gültigen Intervalle der planbaren Instandhaltung für Radsätze im nationalen Betrieb soll es den Schweizer Haltern von Dienstwagen mit sehr geringer Laufleistung ermöglichen, eine gegenüber den internationalen Vorgaben vereinfachte Instandhaltung auszuführen. Zur Wahrung der Betriebssicherheit gelten dabei andere Revisionsfristen.

Massgebend dafür ist unter Anderem:

- Geringere mechanische Belastung des Radsatzes im Zeitintervall bei kleiner Laufleistung.
- Geringerer laufleistungsabhängiger Verschleiss, insbesondere der Lauffläche.
- Vermeidung von Betriebsstörungen durch Radsätze mit Stillstands Schäden.

Die zu beachtenden Intervalle sind in nachfolgender Abbildung dargestellt.

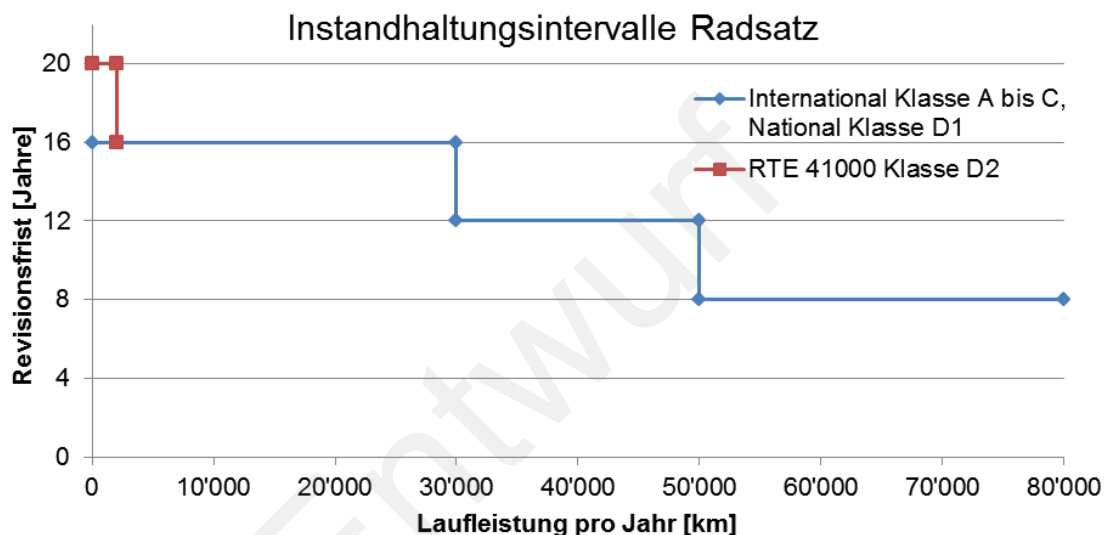


Abb. 8.3.3-1: Abbildung 8-2: Instandhaltungsintervalle der verschiedenen Radsatzklassen.

7.3.48.3.4 8.3.4 Instandhaltungsstufe IS 0 (Inspektion)

Bei den Radsätzen für Güter- und Dienstwagen sind keine planmässigen Kontrollstufen vorgesehen. Die Überwachung erfolgt im Betrieb sporadisch durch Visiteure und streckenseitige Einrichtungen (z.B. Heissläuferortungsanlage) oder beim Aufenthalt des Wagens in einer Werkstatt aus anderen Gründen.

Es wird jedoch empfohlen, insbesondere bei Güterwagen mit hoher Laufleistung oder Dienstwagen mit sehr niedriger Laufleistung und damit grossem Revisionsintervall eine jährliche oder zweijährliche visuelle Kontrolle der Radsätze durchzuführen. Dabei sollten folgende Tätigkeiten ausgeführt werden:

- visuelle Kontrolle und ggf. geometrische Prüfung des Radprofilzustandes
- Prüfen Raddurchmesser durch visuelle Kontrolle der Verschleissrille
- visuelle Kontrolle der Laufflächen
- visuelle Kontrolle der Radsatzwelle auf Beschädigungen
- visuelle Kontrolle des Radsatzlagergehäuses auf Fettaustritt und mechanische sowie thermische Schäden
- visuelle Kontrolle des Sprenglings bei bereiften Radsätzen

Entwurf

Bei Radsätzen der Radsatzklassen A bis C sind zusätzlich folgende Punkte zu beachten:

- visuelle Kontrolle von Datenband oder Radsatzmarkierung
- Messen von Spurmass S_R ~~und Radsatzinnenabstand~~, Radrückenabstand A_R , Spurkranzhöhe Sh ~~und~~ Spurkranzdicke S_d sowie q_R -Mass

Diese Kontrollpunkte sind auch bei jedem ausserplanmässigen Werkstattzulauf eines Wagens auszuführen. Weitere Arbeitsinhalte sind durch den Radsatzhersteller oder den Halter zu definieren.

Festgestellte Mängel sind zu beseitigen. Ist dies nicht im eingebauten Zustand möglich so ist der Radsatz auszubauen und der Instandsetzung zuzuführen.

~~7.3.58.3.5~~ 8.3.5 Instandhaltungsstufe IS 1

Profilbearbeitung in ausgebautem Zustand mit Radsatzlagerkontrolle und ZfP Lauffläche sowie Eigenspannungsmessung mittels ~~Ultraschall~~ Ultraschalls am Radkranz bei Vollrädern.

Arbeitsschritte siehe Abschnitt ~~10.3~~ 10.3

~~7.3.68.3.6~~ 8.3.6 Instandhaltungsstufe IS 2

IS 1 mit Lageruntersuchung und erweiterter ZfP

Arbeitsschritte siehe Abschnitt ~~10.4~~ 10.4

~~7.3.78.3.7~~ 8.3.7 Instandhaltungsstufe IS 3

Bewellen, Bescheiben mit IS 2, gegebenenfalls ohne Reprofilierung, Lageruntersuchung und erweiterter ZfP.

Arbeitsschritte siehe Abschnitt ~~10.5~~ 10.5

~~7.3.88.3.8~~ ~~8.3.8~~ Instandhaltungsstufe IL

Die Instandhaltungsstufe IL beschreibt die Radsatzlageruntersuchung. Sie wird in der Regel nur bei Verdacht auf Lagerschaden eigenständig ausgeführt. Ansonsten wird eine IL in Kombination mit einer IS 2 oder IS 3 abgearbeitet.

Die groben Arbeitsschritte einer IL sind:

- Radsatzlagergehäuse und Radsatzlager demontieren-
- Radsatzlager reinigen, zerlegen und prüfen-
- Radsatzlager nach Befund instand setzen oder verschrotten, neu befeften-
- Radsatzlagergehäuse kontrollieren, Schäden ausbessern-
- Radsatzlager und Gehäuse montieren-
- Dokumentation der Arbeiten-

Bei Radsätzen der Radsatzklassen A bis C sind zusätzlich folgende Punkte zu beachten:

- Kennzeichnung auf Datenband bzw. Radsatzmarke ergänzen
- Dokumentation nach Haltervorgaben ergänzen (Radsatz-Instandsetzungsblatt)

Entwurf

7.48.4 8.4—Verschleisskennwerte an Radsätzen

Für die Planung der Instandhaltung kann es sinnvoll sein, eine Aussage über das Verschleissverhalten der eingesetzten Radsätze zu haben. Dabei ist in diesem Zusammenhang insbesondere die zu erwartende Laufleistung von Interesse, um eine Aussage über den nächsten Zeitpunkt einer Radsatzbehandlung machen zu können. Relevante Masse sind dabei der Raddurchmesser und die Profilmasse S_d , S_h und q_R sowie der Hohllauf h und die Auswalzung a .

Bei einer Auswertung ist zu beachten, dass die Anzahl der auszuwertenden Radsätze gross genug ist, um eine einigermaßen solide Datenbasis zu bekommen. Dabei ist zu beachten, dass unterschiedliche Fahrzeugeinsätze oder Fahrzeugumläufe einen nicht zu vernachlässigbaren Einfluss auf den Verschleiss haben können.

Vor der Berechnung von Verschleisskennwerten ist deshalb genau zu definieren, welche Radsätze einer Flotte in die Auswertung mit einbezogen werden.

7.4.18.4.1 8.4.1—Verschleisskennwerte des Raddurchmessers

Für den Raddurchmesser existieren zwei Verschleissbetrachtungen:

- LaufleistungsverSchleiss über die reine Laufleistung
- Gesamtverschleiss von Laufleistung inklusive Materialverlust durch Reprofilierungen

Relativ aussagekräftig und für den operativen Betrieb interessant ist der reine LaufleistungsverSchleiss. Diese Werte sind einigermaßen genau ermittelbar.

Der individuelle Gesamtverschleiss eines einzelnen Radsatzes kann innerhalb der Flotte stark variieren, da die Anzahl der Reprofilierungen und deren Spantiefe je nach Erscheinungsform und Reprofilierungsgrund stark unterschiedlich sein können.

7.4.1.18.4.1.1 8.4.1.1 Laufleistungsverschleiss

Der Laufleistungsverschleiss wird als Differenz des Raddurchmessers nach einer Profilbearbeitung zum Raddurchmesser vor der nächsten Bearbeitung und der dazwischen zurückgelegten Laufleistung berechnet. Er beinhaltet alle Verschleissvorgänge, die nur durch den Rad-Schiene Kontakt stattfinden.

Mit diesem Verschleissfaktor lässt sich relativ genau vorhersagen, wann ein Rad einen bestimmten Durchmesserwert erreicht. Dies ist insbesondere zur Definition von Restlaufleistungen bei Raddurchmessern nahe am Betriebsgrenzmass hilfreich.

Um einen einigermaßen aussagekräftigen Verschleissfaktor zu erhalten, empfiehlt es sich, eine ausreichend grosse Anzahl Radsätze mit auswertbaren Daten in die Auswertung mit einzubeziehen. Auf die Art der Auswertung soll hier nicht weiter eingegangen werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine grafische Auswertung. Spätestens hier muss zur genaueren Ermittlung der Verschleisskennzahl mit statistischen Mitteln gearbeitet werden.

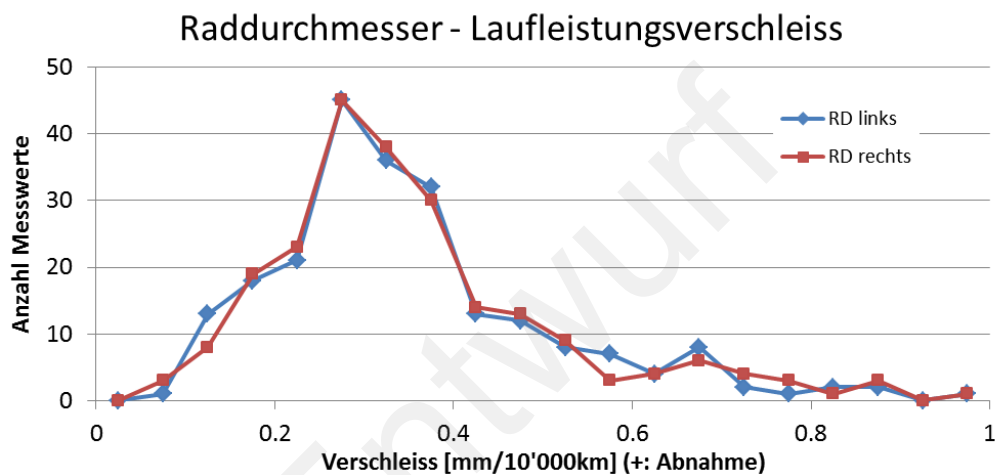


Abb. 8.4.1-1: Abbildung 8-3: Laufleistungsverschleiss Raddurchmesser einer Flotte.

Für die Berechnung von Restlaufleistungen ist ein Wert über die Flotte massgebend. Dieser muss so gewählt werden, dass mit Sicherheit keine Radsätze auf Grund solcher Berechnungen mit untermassigen Rädern im Betriebseinsatz sind. Für die Berechnung gilt

$$L_{\text{Rest}} = \frac{D_{\text{ist}} - D_{\text{Grenz}}}{f_{\text{LL}}}$$

Formel 8-4-8-1: Berechnung der Restlaufleistung.

Wobei

L_{Rest} : Restlaufleistung

D_{ist} : Istdurchmesser Rad

D_{Grenz} : Raddurchmesser Betriebsgrenzmass

f_{LL} : Faktor Laufleistungsverschleiss

Wird der Laufleistungsverschleiss zum Beispiel mit dem Wert 0.7 mm pro 10'000 km angenommen so kann berechnet werden, dass ein Radsatz mit gemessenem Durchmesser 861.5 mm noch ca. 20'000 km im Betrieb bleiben darf, bis er sein Betriebsgrenzmass von 860 mm erreicht hat.

Entwurf

7.4.1.28.4.1.2 8.4.1.2 Gesamtverschleiss

Der Gesamtverschleiss des Raddurchmessers bezieht neben dem Laufleistungsver-
schleiss auch noch den Materialverlust durch Reprofilierungsarbeiten mit ein. Da der Ma-
terialverlust beim Reprofilieren nicht nur vom Verschleiss am Radprofil, sondern auch
durch andere, nicht gut erfassbare Faktoren beeinflusst wird ist dieser Wert nur bedingt
aussagekräftig. Dies betrifft z.B. Reprofilierungen bedingt durch Flachstellen, Ausbröcke-
lungen oder Polygonbildung.

Bei einer Auswertung des Gesamtverschleisses ist deshalb immer auch der genaue Re-
profilierungsgrund mit in Betracht zu ziehen und dann gegebenenfalls die Auswertung
nur über Radsätze zu machen, die nicht aufgrund der oben genannten Störfaktoren re-
profiliert wurden.

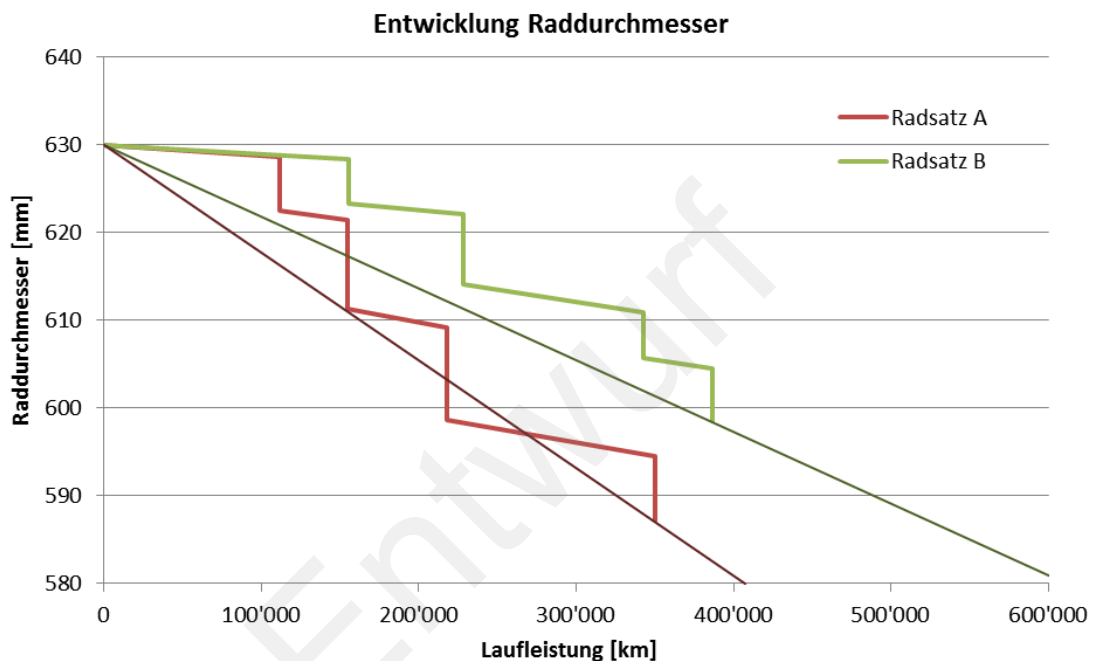


Abb. 8.4.1.2: Abbildung 8_4: Gesamtverschleiss Raddurchmesser zweier Radsätze:

In der vorhergehenden Abbildung mit realen Werten ist die Streubreite des Gesamtver-
schleisses pro Radsatz gut ersichtlich. Bei solch grossen Abweichungen innerhalb einer
Flotte ist eine sensible Auswertung über die Flotte mit Einzelfallbeurteilung notwendig.

|

Entwurf

7.4.28.4.2 8.4.2 Verschleisskennwerte am Radprofil

Für die Ermittlung und Berechnung der Verschleisskennwerte am Radprofil gilt sinngemäss der Abschnitt 8.4.1.1-8.4.1.1. Da die Masse am Radprofil bei jeder Reprofilierung wieder neu hergestellt werden, erübrigt sich eine Betrachtung über die Gesamtlauflistung des Rades. Auch die Berechnung der zu erwartenden Restlauflistung erfolgt sinngemäss wie in Abschnitt 8.4.1.1-8.4.1.1.

Als Besonderheit sei noch angemerkt, dass die Verschleisskennzahlen bei gewissen Massen, insbesondere S_d und q_R , auch negativ werden können. Im Falle eines negativen Verschleissfaktors der Spurkranzdicke nimmt dieser im Betrieb an Dicke zu.

Auch hier besteht wieder die Schwierigkeit darin, den korrekten Verschleissfaktor zu berechnen. Die nachfolgende Grafik verdeutlicht dies. Die Spurkranzdicke kann über die gesamte ausgewertete Flotte um ca. 0.5 mm zunehmen oder um 0.8 mm abnehmen. Beim Grossteil der Flotte nimmt die Spurkranzdicke leicht ab.

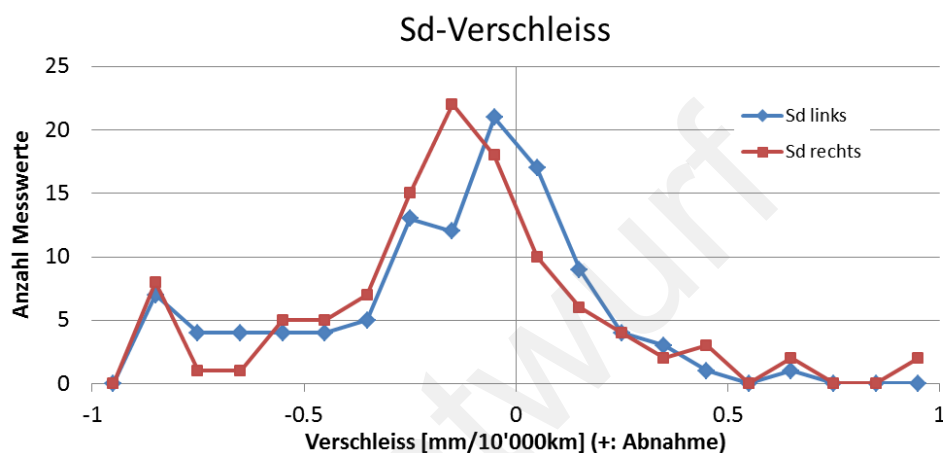


Abb. 8.4.2-1: Abbildung 8-5: Spurkranzverschleiss einer Flotte.

Bei so breit gestreuten Verschleisswerten empfiehlt es sich, die Datenbasis genauer anzuschauen und ggf. dort zu differenzieren, z.B. nach Fahrzeugumläufen oder Einbauorten der Radsätze.

Auch hier sind zur genaueren Bestimmung der Verschleisskennwerte statistische Methoden anzuwenden.

89 9 — Instandhaltung – Radsätze Lokomotiven und Personenfahrzeuge

Die Instandhaltungsarbeiten haben sich grundsätzlich nachgemäss den Vorgaben derin den AB-EBV, aktuell gültigen SN EN-Normen und UIC-Richtlinien sowie den geltenden Unterhaltsvorschriften des Lieferanten zu richten. Wo keine Lieferantenvorschriften vorhanden sind, gelten die nachfolgenden Vorgaben.

Die gesetzlichen Vorgaben, Normen und Richtlinien lassen in Bezug auf einen konkreten Radsatztyp oftmals einen gewissen Ermessensspielraum zu. Es obliegt dem Fahrzeughalter, in eigenen Vorgabedokumenten (technische Regeln), die auf einen Radsatztyp konkret anzuwendenden Arbeitsinhalte, Grenzwert und Verfahren zu definieren (ECM-Prinzip). Diese Vorgabedokumente sind den Instandhaltungsbetrieben zur Verfügung zu stellen. Eine verfahrenstechnische Besonderheit ist, dass Schweissarbeiten an Radsatzwellen, Vollrädern und Radreifen grundsätzlich verboten sind.

Für die Instandhaltung von Radsätzen, welche in Lokomotiven und Personenfahrzeugen (Triebzüge, Reisezugwagen +/RIC-Wagen) im internationalen Betrieb eingesetzt werden, sind zusätzlich zu dieser RTE-Regelung die internationalen Vorgaben sowie die länderspezifischen Zulassungsbedingungen zu berücksichtigen. Bei unterschiedlichen Angaben bezüglich Instandhaltungsarbeiten oder einzuhaltenden Abmessungen resp. Grenzmasse sind die internationalen Vorgaben massgebend.

8.19.1 9.1 — Anforderungen an Instandhaltungsbetriebe

Instandhaltungsbetriebe, welche Arbeiten an Radsätzen ausführen, sind vom Fahrzeughalter zu autorisieren. Zur Freigabe durch den Fahrzeughalter muss das Werk die notwendige spezifische Kompetenz nachweisen können und über eine geeignete, dem Stand der Technik angepasste Ausrüstung verfügen. Die Mitarbeiter müssen regelmäßige Tätigkeit und fachspezifische Kenntnisse und Ausbildungen (z.B. ZfP) nachweisen können. Diese Grundsätze entsprechen auch dem ECM-Prinzip, wie es bei Güterwagen anzuwenden ist (siehe Kapitel 40.10).

Die Instandhaltungsbetriebe müssen in der Lage sein, die technischen Vorgaben des Fahrzeughalters vollumfänglich zu erfüllen. Sie müssen die Arbeiten an den Radsätzen nachvollziehbar dokumentieren können und sind während mindestens einer Lebensdauerperiode (Lebensdauer der Radscheibe) des Radsatzes bezüglich der von ihnen vorgenommenen Arbeiten auskunftspflichtig.

8.29.2 9.2 — Leichte Instandhaltung Kontrollstufen K1 – K4 und R0

Die unter Abschnitt 9.29.2 zusammengefassten Tätigkeiten umfassen in erster Linie die Arbeiten am eingebauten Radsatz. Dies sind die Kontrollstufen, wie sie in den Abschnitten 8.1.1.1 8.2.1.1 und 8.1.1.2 8.2.1.2 beschrieben sind, sowie Radprofilbehandlungen in Anlehnung an Abschnitt 8.42.2.1.

8.2.19.2.1 9.2.1 — Kontrollen (K1 – K4) der Radsätze

Der Arbeitsinhalt entspricht den Angaben aus Abschnitt 8.1.1.1 8.2.1.1 und 8.1.1.2 8.2.1.2. Sämtliche Komponenten des Radsatzes sind ausserdem auf einwandfreie Beschichtung zu kontrollieren. Die korrekte Ausführung der Tätigkeiten ist angemessen zu dokumentieren.

Besonders für die geometrische Prüfung des Radprofils in den Kontrollstufen K2/K3/K4 ist ein schriftlicher Nachweis (Messprotokoll) zu führen. Bei ungenügendem Radprofil ist

eine Ausbesserung nachgemäss Abschnitt 9.2.3 vorzunehmen, oder der Radsatz zu tauschen.

Schäden an der Radsatzwelle oder den Rädern, sowie Beschichtungsmängel können eine Ausbesserung nachgemäss Abschnitt 9.2.2.2 bedingen.

8.2.29.2.2 9.2.2 Zulässige Ausbesserungsarbeiten am Radsatz

Bei Schlagspuren, Schleifspuren, Scheuerstellen und Korrosion darf die Lackierung zur genaueren Überprüfung entfernt werden. In klar definierten und vorgegebenen Bereichen gemäss Tabelle 9-1 dürfen solche Beschädigungen auf der Radsatzwelle bis zu einem gewissen Mass manuell ausgeschliffen werden. Dabei sind die Prinzipien zur Reinigung der geschädigten Bereiche nachgemäss den Angaben in Abschnitt 12.1.12.1.1 bezüglich der zu verwendenden Werkzeuge sinngemäss anzuwenden. Zur Ausführung der Beschichtung wird auf Abschnitt 12.3.12.3 verwiesen.

Werkzeuge und Methoden zum Ausbessern von Beschädigungen werden nachfolgend und insbesondere in den Abschnitten 12.1.12.1.1 und 12.3.5.12.3.5.1 definiert (z.B. Ausmulden von Schlagschäden an Radsatzwellen). Klar verboten ist hingegen das Schweißen an Radsatzwellen, Vollrädern und Radreifen.

In gewissen Fällen kann die Ausbesserung den Ausbau des Radsatzes bedingen, die Massnahme bleibt aber trotzdem eine leichte Instandhaltung, da es sich nur um eine Ausbesserung, nicht aber um eine Revisionsstufe handelt.

Beschreibung der zulässigen Grenzmasse und Dokumentierung möglicher Schadensbilder an den Radsatzwellenpartien:

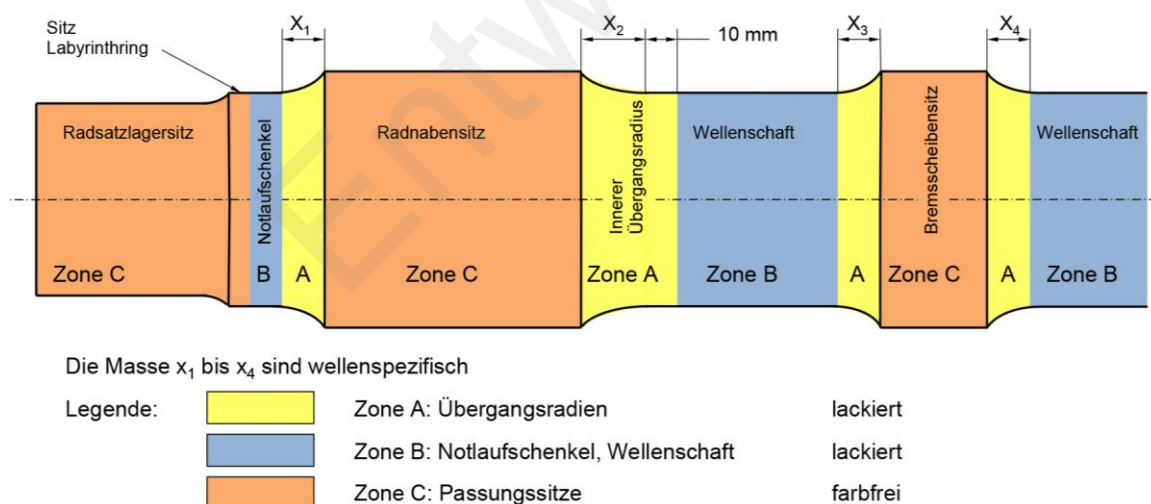


Abb. 9.2.2-1: Abbildung 9-1: Radsatzwellenzonen

Ausbesserungen von Oberflächenschäden an der Radsatzwelle dürfen gemäss nachfolgender Tabelle vorgenommen werden:

Schadenart	Zone	Radsatz eingebaut, lokale Nacharbeit von Hand	Radsatz ausgebaut, Umbearbeitung auf Werkzeugmaschine möglich
Lackschäden	Zone A	zulässig	zulässig
	Zone B	zulässig	zulässig
	Zone C	nicht zutreffend	nicht zutreffend
Korrosion und mechanische Schäden	Zone A	nicht zulässig	zulässig
	Zone B	zulässig	zulässig
	Zone C	nicht zugänglich	zulässig

Tabelle 9-4:9-1: Ausbesserung von Oberflächenschäden an Radsatzwellen-

Bei der Ausbesserung von Lackschäden und oberflächlicher Korrosion in der Zone A dürfen nur nicht metallisch abrasive Reinigungs- und Schleifmittel verwendet werden.

Allgemein ergeben sich an Radsatzwellen in Zonen der Klasse A die höchsten Spannungen und Belastungen. Deswegen muss hier besonderes Augenmerk auf Fehlerfreiheit gelegt werden. Kleinste kerbwirkende Schäden können zur Ausbildung von Rissen führen. Daher darf die Schadenausbesserung bei Korrosion und mechanischer Beschädigung hier nicht von Hand (z.B. durch lokales Ausschleifen) erfolgen.

Bei sämtlichen Ausbesserungen von Korrosion und mechanischen Schäden ist auf hohe Oberflächengüte und saubere Verrundung von Kanten zu achten.

Zum Nachdrehen von Wellenpartien im ausgebauten Zustand auf Werkzeugmaschinen ist die maximal zulässige Reduktion der Durchmesser zu beachten: das Betriebsgrenzmass der Durchmesser darf nicht unterschritten werden. Es sind die Herstellerangaben oder Vorgaben des Fahrzeughalters massgebend.

An Radscheiben dürfen Ausbesserungen sinngemäss nach den obigen Angaben gleichermassen ausgeführt werden.

Nach abgeschlossener Ausbesserung von Schäden ist vor dem Aufbringen einer neuen Beschichtung durch geeignete ZfP die Rissfreiheit der Komponente zu prüfen.

9.2.3 Diese Vorgaben gelten auch für kaltgewalzte Radsatzwellen.

Entwurf

8.2.39.2.3 Reprofilierung auf UFD (Unterflurdrehbank, R0 Radsatz eingebaut)

Bearbeitung von einem einzelnen Radsatz, Drehgestell, Wagen ~~+/~~ Lok oder Triebzug möglich. Keine Demontearbeiten am Radsatz notwendig. Fälligkeit anhand festgelegter fahrzeugspezifischer Frist oder bei entsprechendem Befund aus den Kontrollstufen K1 – K4:

- Es ist kein Spannen von Rad oder Welle erforderlich, Antrieb des Radsatzes über die angetriebenen Stützrollen. Bei (leichten) Laufdrehgestellen von Triebzügen oder bei der Bearbeitung von einzelnen Drehgestellen ~~+/~~ Radsätzen muss über das Achslagergehäuse zusätzlich Gegenkraft aufgebracht werden. Dazu ist die Auslegung und Konstruktion des Achslagergehäuses zu beachten (Vermeidung von Beschädigungen und Verbiegung der Radsatzwelle durch zu starkes Abspannen).
- Arbeitsschritt: Automatisierte Vermessung der Profilgeometrie IST-Zustand und Bearbeitung von Radprofil und Brems scheiben ~~+~~ Materialabtrag nach Vorgabe des Unterhaltbetriebes (so wenig wie nötig gemäss Profilvermessung oder generelles Dickenmass abdrehen ~~+~~), dabei ist zu beachten, dass vorhandene Risse und Ausbröckelungen vollständig zu beseitigen sind ~~+~~.
- Durchmesserunterschiede von Rad ~~+/~~ Rad pro Radsatz und Radsatz ~~+/~~ Radsatz pro Drehgestell sind gemäss Hersteller beachten. Es sind auch die zulässigen Unterschiede zwischen den Drehgestellen gemäss Herstellerangaben oder Reglemente zu beachten.
- keine zusätzliche Wuchtung des Radsatzes erforderlich ~~+~~.
- Protokollierung ~~+/~~ Dokumentation radsatzbezogen über EDV-System (Raddurchmesser, Radrückenabstand A_R , Rundlauf, Planlauf, Profil, q_R -Mass ~~+~~ etc. ~~+~~), Protokollierung der Messdaten vor und nach der Bearbeitung notwendig ~~+~~.
- Über das Kennzeichnungsband oder die Radsatzmarke ist jeder Radsatz ohne Demontage des Lagerdeckels eindeutig identifizierbar.
- Falls kein Kennzeichnungsband vorhanden ist: Stirnseitige Kennzeichnung der Radsatzwelle einsehen (Demontage Radsatzlagerdeckel).
- weitere Verfahren nach Freigabe Technik (ECM ~~B bzw. ECM II~~ 2)

Die Nachbearbeitung des Radprofils im ausgebauten Zustand ist im Rahmen der leichten Instandhaltung ebenfalls möglich. Die Arbeitsinhalte für diesen Fall entsprechen der Revisionsstufe R0, wie sie im Abschnitt 9.39.3 beschrieben ist, wobei ein Sollzustand anzustreben ist, der den Radsatz befähigt, bis zur nächsten Reprofilierung eingesetzt werden zu können.

8.2.49.2.4 9.2.4 Kontrolle nach besonderen Ereignissen

Radsätze von Fahrzeugen, die Entgleisung, Anprall oder Überrollungen von Gegenständen erfahren haben, sind vertieft zu prüfen. Minimal müssen zusätzlich zu den Arbeitsinhalten der K-Stufen 1 und 2 folgende Punkte geprüft werden:

- Messung A_R -Mass am Radsatz an mindestens 3 Stellen ~~+~~.
- Im Zweifelsfall ist auch der Rundlauf und der Planschlag des Radkranzes und der Radsatzwelle zu messen.

Je nach Betriebserfahrung kann auch der generelle Tausch der Radsatzlager bei Entgleisung empfehlenswert sein.

Entwurf

8.3.39.3 9.3 Schwere Instandhaltung Revisionsstufen R0 – R4

Ziel der schweren Instandhaltung ist die Einhaltung allgemeiner Masstoleranzen und Vorgaben gemäss Herstellerangaben.

Die Arbeitsinhalte umfassen die Tätigkeiten nachgemäss den Angaben aus Abschnitt 8.2.8.2. Nach einer Revisionsstufe R muss der Radsatz dem Sollzustand entsprechen. Unter Sollzustand ist ein Zustand zu verstehen, in dem der Radsatz ohne Ausbau für eine weitere Revisionsperiode einsatzfähig sein.

Voraussetzung für die Instandhaltung:

- Radsatz ist gereinigt.
- Zustandsprotokoll vorhanden.
- Radsatzhistorie verfügbar ~~und~~ abrufbar.
- Für Radsätze nach besonderen Ereignissen ist Abschnitt 9.2.49.2.4 zu beachten.

8.3.19.3.1 9.3.1 Haupttätigkeiten bei der Aufarbeitung R0 – R4

Die Haupttätigkeiten umfassen alle Arbeiten zur Wiederherstellung des Soll-Zustandes.

Im Wesentlichen sind dies der Tausch oder Ersatz von Vollrad, Radreifen, Bremsscheibe und Radsatzlager nach dem Erreichen des Betriebsgrenzmasses oder des Werkgrenzmasses (z.B. kleinster zulässiger Raddurchmesser ab R0) oder der zulässigen Kilometerleistung. Dazu kommen Ausbesserung, Kontrolle und Prüfung (UT, MT) der Radsatzkomponenten.

8.3.29.3.2 9.3.2 Aufnahme der Radsatzgeometrie IST-Zustand bei IH-Eingang

Eine Geometriemessung (Planlauf Radscheiben ~~und~~ Felgen, Rundlauf Radsatzwelle, Radrückenabstand etc.) ist zu Beginn des Instandhaltungsprozesses nicht zwingend. Allfällige Abweichungen vom Soll-Zustand werden in den folgenden Arbeitsschritten ebenfalls zuverlässig festgestellt. Mit einer Eingangsprüfung können aber fehlerhafte Radsätze frühzeitig ausgeschieden und somit unnötige Arbeitsschritte vermieden werden.

Für Radsätze nach besonderen Ereignissen ist Abschnitt 9.2.49.2.4 zu beachten.

8.3.39.3.3 9.3.3 Demontage Achslagerung

- Demontage mit Abziehvorrichtung

8.3.49.3.4 9.3.4 Demontage Radsatzkomponenten

- Abpressen Antriebszahnrad (bei Bedarf ~~und~~).
- Abpressen bzw. auftrennen der Vollräder.
- Abpressen der Radscheibe mit Radreifen.
- Abpressen bzw. auftrennen der Bremsscheiben.
- Demontage von geteilten Bremsscheiben.
- ~~Radreifen auftrennen~~, Falls nur Radreifen getauscht wird, ist der Radreifen aufzutrennen. Zur Demontage der alten Radreifen ist der eingewalzte Sprengring mit geeigneten Methoden zu entfernen, ohne die Radfelge zu beschädigen. In der Regel wird dazu auf einer Drehmaschine der Sprengring durch Abdrehen von Radreifenmaterial ausgestochen. Nach dem Entfernen des Sprengrings ist der Radreifen mittels sorgfältigem durch sorgfältiges Auftrennen oder gezieltem gezieltes Erwärmen so weit aufzuweiten, dass er ohne Probleme von der Felge abgezogen abgenommen werden kann.

~~8.3.59.3.5~~ **9.3.5 Aufarbeitung Radsatzwelle**

Nach erfolgter Demontage der Radsatzkomponenten gemäss 9.3.4

- visuelle Kontrolle der stirnseitigen Gewindebohrungen-
- visuelle Kontrolle der Sitze-
- visuelle Kontrolle auf Korrosionsschäden-
- ZfP an der gesamten Radsatzwelle-

~~8.3.69.3.6~~ **9.3.6 Reparaturen an Radsatzwelle und Radscheibe**

- Ausschleifen von Schlagspuren in definierten Zonen der Welle-
- Entfernung von Korrosionsschäden-
- Nachbearbeitung von Ziehriefen und Korrosionsschäden an Presspassungen- Grenzmass des Wellendurchmessers gemäss Hersteller beachten-
- Untermassige (Rohlings-) Bohrung an neuen Wellendurchmesser anpassen-
- Reparaturvorgaben gemäss Hersteller berücksichtigen-

Das Schweißen an Radsatzwellen und Vollrädern ist grundsätzlich verboten. Dagegen kann das Aufschweißen von Radnabenbohrungen und das Reparaturschweißen von Speichenrädern (Stahlgussräder) unter definierten Bedingungen zugelassen werden.

Nach Abklärung und Freigabe durch die Instandhaltungsbetriebe ~~+/Technik~~ (ECM ~~B-bzw. ECM-H2~~) können weitere Reparaturmassnahmen geprüft und angewendet werden.

Die in Abschnitt ~~9.2.2.9.2.2.~~ beschriebenen Prinzipien für die Beseitigung von Schäden sind auch hier sinngemäss anzuwenden.

~~8.3.79.3.7~~ **9.3.7 Reprofilierung auf Portaldrehmaschine (R0 Radsatz ausgebaut)**

Bearbeitung von einzelnen Radsätzen, bei denen ein Radscheiben- oder Radreifenersatz im Rahmen der schweren Instandhaltung nicht notwendig ist. Vorab sind die Anbauteile (Lagerdeckel, Impulsgeber, Erdungsbürsten, v-Sonde, etc.) zu demontieren, damit der Radsatz über die Pinole auf der Drehmaschine zentriert werden kann. Die stirnseitige Kennzeichnung zur Radsatzidentifizierung ist durch die Demontage der Anbauteile ersichtlich.

- Das Spannen der Welle ~~+/Räder~~ erfolgt durch spezielle Spannbacken, welche die Komponenten des Radsatzes nicht beschädigen. Die Spannbacken dürfen keine Kerben verursachen.
- Arbeitsschritt: Bearbeitung von Radprofil und Bremsscheiben- u. Materialabtrag nach Vorgabe des Instandhaltungsbetriebes (so wenig wie nötig gemäss vorgängiger Profilvermessung oder generelles Dickenmass abdrehen). dabei ist zu beachten, dass vorhandene Risse und Ausbröckelungen vollständig zu beseitigen sind-
- Durchmesserunterschiede von Rad ~~+/Rad~~ pro Radsatz gemäss Herstellerangabe oder Reglement beachten-
- Keine zusätzliche Wuchtung des Radsatzes erforderlich-
- Protokollierung ~~+/Dokumentation~~ radsatzbezogen, vorzugsweise über EDV-System (Raddurchmesser, Radrückenabstand AR, Rundlauf, Profil, q_R-Mass, etc. ~~-u~~ u)
- visuelle Kontrolle des Radsatzlagers und manuelle Kontrolle, ob das Lager frei drehbar ist, «schlägt» oder Geräusche macht-

~~8.3.89.3.8~~ **9.3.8 Aufpressen von Komponenten auf die Radsatzwelle**

Montage von Vollrad, Radscheibe, Bremsscheibe, Antriebszahnrad.

Massgebend für die Montage der Radsätze sind die Vorgaben der SN EN 13260. Mögliche Ausnahmen werden im Abschnitt ~~15.1~~ 15.1 beschrieben. Das Montageverfahren der Radscheiben mittels Klebschrumpfen ist sehr radsatzspezifisch. Dort sind die Verfahrensvorgaben des Radsatzkonstruktors zu befolgen.

- Rundlaufkontrolle der Welle~~-~~
- Presssitze vermessen~~-~~
- Vorgehen je nach Wahl des Instandhaltungsbetriebes: Nabenbohrung von Rad (inkl. Ölabpressnut~~-~~/bohrung), Bremsscheibe, Zahnrad an Wellensitz anpassen oder bereits bearbeitete Komponenten mit passender Toleranzpaarung wählen~~-~~
- Fügen der Komponenten nach Wahl des Instandhaltungsbetriebes (warm / kalt / Wahl der Montagepaste): Vorgaben der Hersteller oder des Halters berücksichtigen~~-~~. Beim Fügen muss die Lage der statischen Unwuchten der Einzelkomponenten zueinander berücksichtigt werden.
- Die Aufpresskraft an der Presse muss zur Qualitätssicherung überwacht werden.
- Aufpressdiagramm von Rad, Bremsscheibe und Zahnrad in Radsatz-Historie dokumentieren~~-~~
- Neuprofilierung des Radsatzes, sofern nicht fertig bearbeitete Radscheiben aufgedrückt wurden~~-~~
- Kontrolle Rundlauf und Planschlag~~-~~
- Kontrolle AR-Mass gemäss Zeichnung oder Werte aus Abschnitt ~~6.6.1.7~~ 6.6.1.7~~-~~
- Elektrische Widerstandsmessung~~-~~
- bei Bedarf auswuchten~~-~~

~~8.3.99.3.9~~ **9.3.9 Neubereifung**

- Rundlaufkontrolle der Radscheiben (Radkörper) notwendig~~-~~
- Radsatz mit aufgedrückten Radscheiben überdrehen~~-~~, sofern notwendig~~-~~
- Radreifen-Rohling an Radscheibenkörper anpassen~~-~~
- Aufschumpfen der Radreifen (warm)~~-~~
- Vorgaben der Hersteller berücksichtigen~~-~~
- Sprengring zur Sicherung einwalzen~~-~~
- Neuprofilierung der Radreifen~~-~~
- Rundlauf der bereiften Räder prüfen und in Radsatzhistorie dokumentieren~~-~~
- Kontrolle AR-Mass gemäss Zeichnung oder Werte aus Abschnitt ~~6.6.1.7~~ 6.6.1.7~~-~~
- Elektrische Widerstandsmessung~~-~~
- bei Bedarf auswuchten~~-~~
- Markierungen gemäss Abschnitt ~~6.6.2.10~~ 6.6.2.10 anbringen~~-~~

Vor der Montage neuer Radreifen sind der Rundlauf und der genaue Durchmesser der Felge zu bestimmen, nachdem der Bereich des Radreifensitzes gereinigt wurde. Felgen mit unzureichender Oberflächenqualität und mangelhaftem Rundlauf sowie mangelhafter Formtoleranz können in begrenztem Rahmen überdreht werden.

Sofern keine Vorgaben in der Radsatzdokumentation vorhanden sind, ist die Radreifenbohrung auf den Felgendurchmesser anzupassen, und zwar in der Regel so, dass die Bohrung im Radreifen bei Raumtemperatur um das Schrumpfmass von 1.0 ‰ bis 1.4 ‰ des Felgendurchmessers kleiner ist als der Felgendurchmesser. Zur genaueren Definition des Schrumpfmasses kann die nachfolgende Grafik, die auf Erfahrungen der DB beruht, verwendet werden. Bei den unterschiedlichen Schrumpfmassen wird insbesondere Rücksicht auf eine ausgeglichene Flächenpressung zwischen Radreifen und Radkörper bei den verschiedenen Durchmessern und Bauarten der Räder genommen.

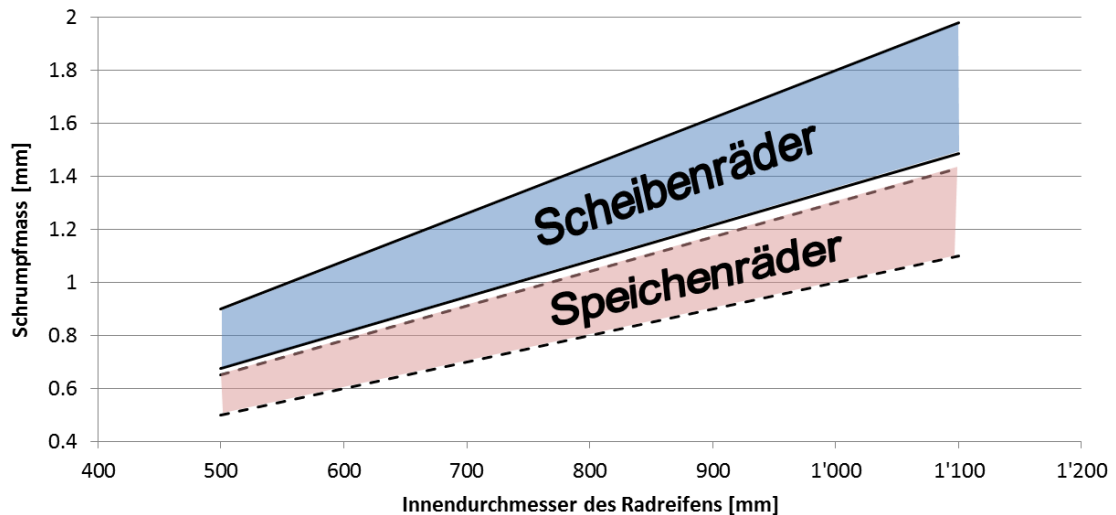


Abb. 9.3.9-1: Abbildung 9-2: Schrupfmasse als Funktion des Innendurchmessers des Radreifens und der Felgenbauart.

Legende zu Abbildung 9-2:

	Untere Grenze	obere Grenze
Scheibenrad Schrupfmasse	1.35 ‰	1.80 ‰
Speichenrad Schrupfmasse	1.00 ‰	1.30 ‰

Tabelle zu Abb. 9.3.9-1: Schrupfmasse als Funktion des Innendurchmessers des Radreifens und der Felgenbauart.

Wenn Radreifen und Felge fertig bearbeitet und eindeutig zueinander gepaart sind wird der Radreifen mit geeigneten Mitteln auf ca. 240 °C bis maximal 300 °C aufgeheizt und so auf die Felge aufgezogen, dass er satt am Übergriff anliegt. Dazu wird in der Regel der Radsatz senkrecht in den geheizten Radreifen gestellt. Der Radreifen muss so lange gleichmässig abgekühlt werden, bis er fest auf der Felge sitzt. Der Festsitz ist vor dem Einsetzen des Sprengrings mit einer Blattlehrfolie (ca. 0.05 mm dick) zu prüfen.

Am fest-sitzenden Radreifen wird ein passender, vorgeformter Sprengring eingebaut und die noch vorhandene Lücke mit einem einzelnen passend abgeschnittenen Profilstück, dem Sprengringschloss, aufgefüllt. Vom Auffüllen der Lücke im Sprengring mit mehreren kleinen Stücken wird abgeraten. Das Sprengringschloss wird verstemmt und danach der gesamte Sprengring eingewalzt. Dazu sollte der Radreifen genügend Restwärme haben (ca. 80 °C bis 120 °C). Beim Einwalzen des Sprengrings ist zu beachten, dass der Anpressdruck pro Radumdrehung schrittweise langsam erhöht wird, bis der Sprengring fest eingewalzt ist. Dies kann z.B. mittels Klangprobe am Sprengring festgestellt werden.

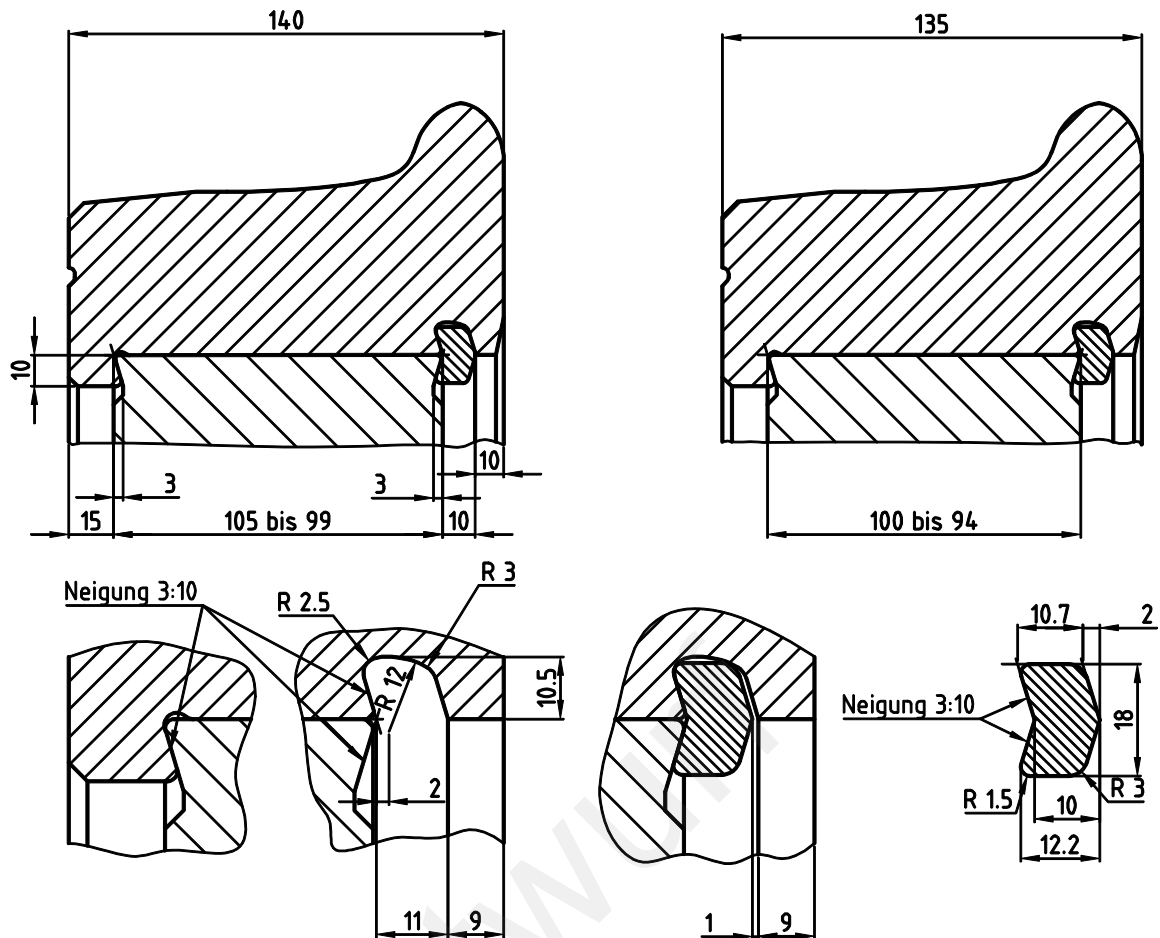


Abb. 9.3.9-2 Abbildung 9-3: Grundsätzliche Abmessung der Sicherung Radreifen durch Sprengring-

~~8.3.109.3.10~~ **9.3.10** Auswuchten Laufradsatz

- 100 % Wuchten der Radsätze mit bereiften Rädern.
- Wuchtgüte gemäss Norm.
- Unwucht egalisieren gemäss Herstellerangaben, zum Beispiel durch
- Material abtragen («sicheln»).
- Unwuchtgewichte an Sprengring anschweissen.

Radsätze mit Vollrädern müssen nach der Montage nicht zusätzlich gewuchtet werden. Die zulässige Wuchtgüte der Radsätze wird hier erreicht, indem bei der Montage (die vom Lieferanten bereits ausgewuchteten) Radkörper und Bremsscheiben gemäss den Markierungen der Lieferanten zueinander ausgerichtet werden.

~~8.3.119.3.11~~ **9.3.11** Nachdrehen der Bremsscheiben

Bearbeitung auf Unterflur- oder Portaldrehmaschine. Vorgaben der Hersteller bezüglich Hohlraum, Grenzmasse ~~+/~~ Dicke, etc. sind zu berücksichtigen.

8.3.129.3.12 ~~9.3.12~~ Schallabsorber

Tausch nachgemäss Vorgabe des Herstellers.

Entwurf

~~8.3.139.3.13~~ ~~9.3.13~~ Revision Radsatzlager (Pendelrollenlager, etc.)

- Auswaschen des Lagerfettes.
- Kontrollen der Einzelteile (Innen-/Aussenring, Käfig, Wälzkörper, Spiel und Dichtungen) nachgemäss Vorgabe des Herstellers. Schadensbildkataloge der Hersteller für Schäden an Wälzkörpern und Laufbahnen sind zu beachten.
- Befüllung nachgemäss Vorgabe des Herstellers.
- Montage und nachmessen der Lagerluft.
- Ausmusterung nach Jahrgang oder Kilometerlaufleistung.
- Überwachung und Vorgehen nach Wahl des Bahnbetreibers.

~~8.3.149.3.14~~ ~~9.3.14~~ Revision Kartuschenlager

Die Aufarbeitung der Lager und die Kontrolle des Lagerspiels nachgemäss Vorgaben des Herstellers dürfen nur durch eine spezialisierte Werkstatt erfolgen. Die Werkstatt wird in der Regel durch den Lagerhersteller zertifiziert.

~~8.3.159.3.15~~ ~~9.3.15~~ Montage Radsatzlager

Für die Montage sind die Herstellerangaben zu beachten. Dabei ist insbesondere die Verwendung der korrekten Schrauben und des vorgegebenen Anzugsdrehmomentes gemäss gültiger/gültigen Zeichnungen zu beachten.

~~8.3.169.3.16~~ ~~9.3.16~~ Lackierung Radsatz

Lackierung an definierten Zonen der Welle und Radscheibe erfolgt nachgemäss Vorgabe des Herstellers oder Fahrzeughalters (siehe auch Abschnitt ~~12.3~~.12.3).

910 ~~10~~ Instandhaltung – Radsätze Güterwagen und Dienstwagen

Für den Einsatz in Güter- und Dienstwagen sind, wenn immer möglich Radsätze mit Vollrädern vorzusehen. Vereinzelt noch in Betrieb stehende Radsätze mit Radreifen sollten keine IS 3 mehr erhalten, sondern durch Radsätze mit Vollrädern ersetzt werden.

Aus diesem Grund wird in diesem Kapitel auf das Neubereifen von Radsätzen nicht eingegangen. Hinweise zum Vorgehen bei bereiften Radsätzen finden sich im Kapitel ~~9.9~~.

Güterwagenradsätze – und hier insbesondere Radsätze, die im internationalen Verkehr eingesetzt werden – unterliegen tiefgreifenderen technischen und rechtlichen Vorschriften. Aus diesem Grund gibt es bei gewissen Tätigkeiten deutliche Differenzen zu Personen- und Triebfahrzeugradsätzen. Dies betrifft auch die Art der Zulassung der Instandhaltungsbetriebe und der Dokumentation.

Im erweiterten Sinne kann gesagt werden, dass die Instandhaltung der Radsätze ~~nach~~ **gemäß** Kapitel ~~99~~ landesinternen Vorgaben entspricht. Der Instandhaltung der Güterwagenradsätze in diesem Kapitel ~~10~~ liegen jedoch weitgehend europäische Vorgaben zu Grunde.

~~9.1.10.1~~ ~~10.1~~ Mindestanforderungen an Instandhaltungsbetriebe

Nur durch den Halter autorisierte Instandhaltungsbetriebe dürfen an Radsätzen und deren Bauteilen Arbeiten ausführen.

~~9.1.10.1.1~~ ~~10.1.1~~ Mitarbeiter

Sämtliche Mitarbeiter, die Arbeiten an Radsätzen oder deren Komponenten und Anbauteilen ausführen müssen dazu berechtigt sein. Diese Berechtigung wird vom Arbeitgeber auf Basis von Schulungen und einer Einarbeitung erteilt und überwacht. Die Berechtigung erlischt automatisch, wenn ein Mitarbeiter länger als ein halbes Jahr nicht mehr in der Instandhaltung von Radsätzen, Radsatzlagern und Anbauteilen beschäftigt war. Mitarbeiter ohne Berechtigung dürfen nur unter Aufsicht und Anleitung berechtigter Mitarbeiter an Radsätzen und Radsatzlagern arbeiten.

Schulungen sind durch qualifizierte Personen mit entsprechenden Fachkenntnissen durchzuführen und zu dokumentieren.

~~9.1.210.1.2~~ ~~10.1.2~~ Mess- und Betriebsmittel

Der Instandhaltungsbetrieb muss über ein geeignetes System zur Überwachung aller in der Radsatzaufarbeitung verwendeten Messmittel verfügen. Dieses System muss sicherstellen, dass nur zugelassene und kalibrierte Messmittel verwendet werden.

Die Betriebsmittel müssen dem Stand der Technik entsprechen und für die auszuführenden Arbeiten geeignet sein.

~~9.1.3~~ 10.1.3 Dokumentenverwaltung

Der Instandhaltungsbetrieb muss über ein geeignetes System zur Dokumentenablage und Dokumentensicherung verfügen. Eine Zertifizierung des Instandhaltungsbetriebes nachgemäss SN EN ISO 9001 ist zwingend. Der Datenaustausch gemäss den Anforderungen aus Kapitel ~~4~~11 muss möglich sein.

Die Dokumentenverwaltung muss sicherstellen, dass stets nachgemäss den aktuellen Vorgaben und Zeichnungen gearbeitet wird und ungültige Dokumente eingezogen werden.

~~9.2~~ 10.2 Instandhaltungsstufe IS 0

Die Instandhaltungsstufe IS 0 enthält visuelle und geometrische Zustandskontrollen am eingebauten Radsatz. Sie wird nur bei besonderem Bedarf und nicht planmässig ausgeführt. Folgende Punkte sollen dabei beachtet werden:

- visuelle Kontrolle des Radprofilzustandes (Hohllauf, Auswalzungen, etc. ~~–~~ –)
- Prüfen des Raddurchmessers durch visuelle Kontrolle der Verschleissrille, um festzustellen, ob noch genug Verschleissvorrat vorhanden ist ~~–~~
- Geometrische Prüfung durch Lehren oder Nachmessen bei Verdacht auf Grund der visuellen Kontrolle des Radprofils (q_R , Hohllauf, Sd, Sh, Auswalzungen, etc. ~~–~~ –)
- Visuelle Kontrolle der Laufflächen auf Flachstellen, Ausbröckelungen, etc.
- Visuelle Kontrolle der Radsatzwelle auf Beschädigungen, sofern der Wagen dazu auf einem Grubengleis steht, visuelle Kontrolle der Radsatzwelle nachgemäss EVIC, sofern die Voraussetzungen nachgemäss AVV Anlage 10, Anhang 3 erfüllt sind.
- visuelle Kontrolle des Radsatzlagergehäuses auf Fettaustritt und mechanische sowie thermische Schäden ~~–~~
- visuelle Kontrolle des Sprenglings bei bereiften Radsätzen ~~–~~
- visuelle Kontrolle auf Rostaustritt an der Fügestelle Radreifen – Radkörper ~~–~~
- visuelle Kontrolle der Radnabe auf Rostaustritt an der Fügestelle Welle ~~–~~ – Radscheibe ~~–~~

Bei Radsätzen der Radsatzklassen A bis C (Klassifizierung siehe Abschnitt ~~8.3.1~~ 8.3.1) sind zusätzlich folgende Punkte zu beachten:

- visuelle Kontrolle von Datenband oder Radsatzmarkierung ~~–~~
- Messen von Spurmass S_R ~~und~~ – Radsatzinnenabstand A_R , Spurkranzhöhe Sh ~~und~~ – Spurkranzdicke Sd, und q_R -Mass.

9.310.3 ~~10.3~~ Instandhaltungsstufe IS 1

Die Instandhaltungsstufe IS 1 entspricht einer Reprofilierung des Radsatzes mit Kontrolle der Radsatzlager. Folgende Arbeiten werden in der Regel bei einer IS 1 durchgeführt:

- visuelle Kontrolle am Radsatzlagergehäuse und Radsatz auf mechanische Beschädigungen und Allgemeinzustand-
- 100 % Eigenspannungsprüfung am Radkranz-_z bei Überschreitung der zulässigen Werte wird der Radkranz nach Möglichkeit durch gezieltes Erwärmen und Abkühlen regeneriert-
- Profilmessung und Reprofilierung auf einer Drehmaschine-_z das Material ist so weit abzutragen, bis auf der Lauffläche keine Risse mehr vorhanden sind und das Radprofil neuwertig ist-
- Kontrolle von Rund- und Planlauf am Radkranz-
- 100 % UT-Prüfung vom Radkranz inkl. Lauffläche und Spurkranz-
- visuelle Kontrolle vom Lagerfett (Fettfarbe und Zustand, Ablagerungen, etc.) von Aussen ohne Demontage des Lagers-_z bei älteren Fettarten ist ein Nachfetten mit neuem Fett möglich, aber der Betrieb auf 6 Jahre beschränkt-_z neuere Fettarten können 12 Jahre im Einsatz bleiben, allerdings ist dann ein Nachfetten nicht mehr zulässig-
- Kontrolle der Radsatzlager (Allgemeinzustand, Lagerspiel) von Aussen ohne Demontage-
- visuelle Kontrolle der Gleitführungen oder Hartmanganplatten am Radsatzlagergehäuse auf Verschleiss und festen Sitz-
- Kontrolle der Federzentrierungen am Radsatzlagergehäuse-
- Beschichtung auf dem Radsatzwellenschaft (Bereich zwischen den Rädern) durch Strahlen oder andere zugelassene Methoden entfernen, visuelle Kontrolle des Wellenschaftes-
- Die Reparatur des Wellenschaftes durch Ausschleifen von Beschädigungen ist nur in definierten Zonen zulässig.
- bei Bedarf ZfP zur Kontrolle der reparierten Stellen ausführen-
- In der Zone zwischen Rad und Radsatzlagergehäuse mit Bürstenscheibe alte Farbe und Korrosionsspuren an der Oberfläche entfernen-
- ZfP (z.B. UT-Prüfung) der kritischen Zone, aktuell meistens Korbbogen und gewisse Länge vom Rad-Sitz-_z mit neuen Prüfmaschinen ist bei montiertem Radsatzlagergehäuse der ganze Bereich vom Korbbogen bis zum stirnseitigen Wellenende prüfbar-
- Neubeschichtung der Radsatzwelle-

Zusätzlich bei Radsätzen Gruppe A-C (Klassifizierung siehe Abschnitt ~~8.3.1~~ 8.3.1):

- Bezeichnung am Radsatz (Band oder Marke) bei Bedarf aktualisieren-
- neuen Raddurchmesser an der Radscheibe anschreiben-
- Dokumentation der Arbeiten gemäss Vorgaben-

Je nach Vorgabe ist nach Entfernung der Lackierung (z.B. strahlen oder schleifen) auch eine 100 % ZfP der Welle möglich.

Radsätze, bei denen nur eine IS 1 ausgeführt wurde, werden in der Regel nicht ausgewuchtet.

9.410.4 ~~10.4~~ Instandhaltungsstufe IS 2

Die IS 2 beinhaltet alle Instandhaltungsarbeiten der IS 1. Zudem wird je nach Fettart, Anzahl Betriebsjahren oder Laufleistung das Radsatzlager aufgearbeitet oder ersetzt. Dazu muss auch der auf der Radsatzwelle aufgezogene Lagerinnenring und der Labyrinthring mit geeigneten Mitteln demontiert werden.

Bei der Montage der Radsatzlager ist insbesondere die Verwendung der korrekten Schrauben und des vorgegebenen Anzugsdrehmomentes gemäss gültiger Zeichnungen zu beachten.

Die Aufarbeitung der Wälzlager der Radsatzlagerung erfolgt nach separaten Vorgaben und ist nicht Inhalt dieser RTE-Regelung.

9.510.5 ~~10.5~~ Instandhaltungsstufe IS 3

Die IS 3 beinhaltet alle Instandhaltungsarbeiten der IS 1 und IS 2. Zudem werden die Radscheiben ersetzt. Folgende Arbeiten werden zudem vor der Montage der Radscheiben auf die Radsatzwelle durchgeführt:

- Beschichtung der Radsatzwelle vollständig entfernen.
- 100 % ZfP (z.B. MT-Prüfung) der Radsatzwelle.
- Masskontrolle der Radsatzwelle (Sitze, Rundlauf ~~/~~ Biegung, etc. ~~).~~)

Die Montage der restlichen Bauteile und die Beschichtung erfolgt gleich wie bei den Instandhaltungsstufen IS 1 und IS 2.

Zusätzlich ist an einem neu gefügten Radsatz folgendes zu prüfen:

- Elektrischer Widerstand zwischen den Radscheiben bzw. Radreifen
- Dynamische Unwucht des Radsatzes

9.5.110.5.1 ~~10.5.1~~ Demontage der Radscheiben

Die alten Radscheiben sind mit geeigneten Methoden zu entfernen:

- Ölabpressverfahren wo möglich.
- Auftrennen des Radkörpers vor dem Abpressen mit Brennschnitt, dabei ist zu beachten, dass die Radsatzwelle nicht wärmer als 150 °C wird und eine Restnabendicke von ca. 5 mm bestehen bleibt, die Radsatzwelle muss vor übermässigem Wärmeeinfluss und Brennspritzern geschützt werden.
- Schockerwärmen der Radscheibe.

Der Presssitz auf der Radsatzwelle soll nicht durch Ziehriefen und Kratzer bei der Demontage beschädigt werden. Dieses Risiko ist insbesondere bei zylindrischen Presssitzen und sehr schlanken Konen (ab ca. 1:800, auch bauartabhängig) gross.

9.5.210.5.2 ~~10.5.2~~ Montage der Radscheiben

Bei der Montage neuer Radscheiben sind die Auswuchtmarkierungen des Herstellers auf den Rädern zueinander auszurichten. Siehe dazu auch Abschnitt ~~15.3~~ 15.3. Der Montagevorgang hat nachgemäss den gängigen Vorschriften oder den speziellen Angaben des Radsatzhalters zu erfolgen und muss nachvollziehbar protokolliert werden.

Der Pressverband zwischen Radscheibe und Welle kann durch verschiedene Verfahren hergestellt werden:

- Aufpressen der Radscheibe bei Raumtemperatur (kalt);)
- Aufschumpfen der auf ca. 230 °C vorgewärmten Radscheibe;
- ~~Ausweiten der stark abgekühlten Radsatzwelle.~~

In der Regel werden die Radscheiben kalt aufgepresst. Die anderen möglichen Montagethoden der Radscheiben erfordern das Einverständnis des Halters und eine entsprechende Erfahrung der ausführenden Werkstatt. Eine Kennzeichnung der Montagethode am Radsatz ist nicht vorgesehen, muss aber in der Dokumentation eindeutig nachvollziehbar sein.

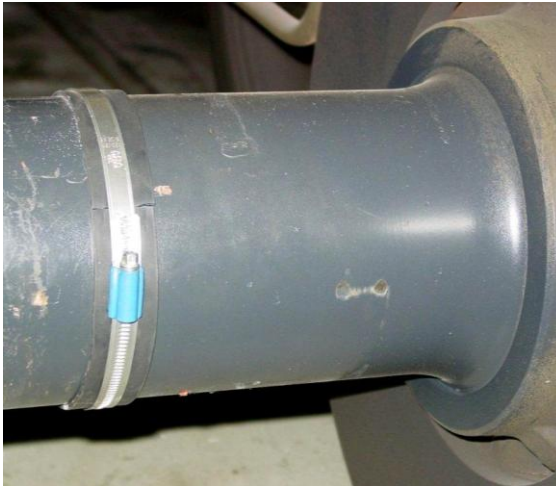
Der korrekten Ausführung und Dokumentation des Aufpressvorgangs ist grosse Beachtung zu schenken. Das Weg-Kraft-Diagramm des Aufpressvorgangs ist zwingend zu dokumentieren. Für eine Beurteilung des Aufpressvorgangs anhand des Diagramms sind die gängigen Regelwerke anzuwenden.

Die zum Aufpressen notwendigen Hilfsmittel (Schmierstoffe) müssen eindeutig definiert sein. Für die Übermasse und Pressendkräfte der Pressverbindung sind die Zeichnungsangaben verbindlich. Fehlen diese, so sind die Angaben mit dem Halter zu vereinbaren und festzuhalten. Dabei ist die UIC 813 oder die SN EN 13260 massgebend.

Entwurf

9.610.6 ~~10.6~~ Kennzeichnung

Aktuell sind die meisten Radsätze mit Kennzeichnungsbändern auf der Welle ausgerüstet. Darauf sind die relevanten Daten zur eindeutigen Identifizierung der Komponenten, Ort der Instandhaltung, IS-Stufe, Fahrzeughalter und Datum zu finden. Kennzeichnungsbänder auf der Radsatzwelle haben aber neben der schlechten Zugänglichkeit auch noch weitere Nachteile (z.B. Korrosion und Kerbwirkung bei mangelhafter Montage).



~~Abb. 10.6-1: Abbildung 10-1:~~
band mit
Gummiunterlage-

Radsatzdaten-



~~Abb. 10.6-2: Abbildung 10-2:~~
ses)
Radsatzdatenband-

Unzulässiges (lo-

Lose Radsatzdatenbänder müssen entfernt und durch eine fachgerechte Kennzeichnung ersetzt werden.

In Zukunft soll daher als Ersatz für die Kennzeichnungsbänder bei Radsätzen der Gruppe A bis C (Klassifizierung siehe Abschnitt ~~8.3.1~~ 8.3.1) grundsätzlich eine Radsatzmarke mit den oben erwähnten Informationen unter einem Schraubenkopf des Radsatzlagerdeckels montiert werden. Solange noch verschiedene Fettarten im Umlauf sind und verwendet werden, wird zudem eine zweite Marke mit Angabe von Fettsorte, Ort der Instandhaltung, IS-Stufe und Datum ebenfalls am Radsatzlagerdeckel angebracht. Die Beschriftung erfolgt nachgemäss den Vorgaben von VPI 04.



~~Abb. 10.6-3: Abbildung 10-3:~~ Radsatzmarke am Radsatzlagerdeckel-

Bei Radsätzen der Gruppe A bis C sind an der Innenseite der Radscheibe der A-Seite (die Seite, auf der die Radsatzwelle stirnseitig gestempelt ist) des Radsatzes folgende Angaben gut lesbar mit heller Farbe anzubringen (vorzugsweise mit Schablone und weißer Farbe RAL 1004, Zeichenhöhe 50 mm):

- Radsatzbauart
- Ist-Messkreisdurchmesser nach der Bearbeitung in Millimetern
- zulässige Radsatzlast in Tonnen



Abb. 10.6-4: Abbildung 10-4: Anschriften auf Radscheibe (Beispiel: Radsatzbauart 004, 921 mm Messkreisdurchmesser, zulässige Radsatzlast 23.5 t).

Bei fahrzeugspezifischen Radsätzen der Gruppe D1 und D2, die in der Regel die Schweiz nicht verlassen, kann die Radsatznummer auch gut lesbar mit Farbe auf dem Wellenschaft aufgebracht werden. Selbstklebefolien sind nicht zugelassen. Dazu ist das Einverständnis des Halters notwendig. Es werden keine weiteren von aussen sichtbaren Kennzeichnungen angebracht.



Abb. 10.6-5: Abbildung 10-5: Radsatznummer auf dem Wellenschaft

40.7—Die Radsatznummer kann auch in Form einer GIAI (Global Individual Asset Identifier) gemäss GS1-Standard vergeben werden. GIAI ist eine weltweit eindeutige Nummer und der Radsatz damit eindeutig identifizierbar. Der grundsätzliche Aufbau der Nummer ist wie folgt:

<u>GIAI</u>	<u>+</u>	<u>Company prefix</u> <u>(Hersteller-Nr.)</u>	<u>+</u>	<u>Nummer für Eisen-</u> <u>bahnprodukt</u> <u>(immer Nummer 4)</u>	<u>+</u>	<u>Serialnummer</u> <u>(Darin ist meist die Nummer</u> <u>der Schmelze enthalten)</u>
<u>(8004)</u>	<u>+</u>	<u>1234567</u>	<u>+</u>	<u>4</u>	<u>+</u>	<u>1234567890</u>

Tabelle 10-1: Beispiel einer GIAI-Nummer

Der Company Prefix (die Nummer des Herstellers) wird von der GIAI-Organisation vergeben, sofern der Hersteller Mitglied dieser Organisation ist. Es ist auch möglich, weitere Komponenten wie z.B. Räder, Radsatzlager oder die Radsatzwelle als solche auf diese Weise eindeutig zu identifizieren.

9.710.7 Dokumentation der Aufarbeitung

Die Dokumentation aller Prüfergebnisse muss eindeutig und nachvollziehbar sein. Der Radsatzhalter hat den Umfang der Dokumentation, die über die Vorgaben gemäss Kapitel 4111 geht bei der Erteilung des Auftrags anzugeben.

Die Dokumentation muss zumindest so lange aufbewahrt werden, wie das entsprechende Bauteil im Betrieb ist.

~~1011~~ **11 – Dokumentation – / Datenpflege**

Als Folge eines Unfalls wurde durch die Europäische Eisenbahnagentur, die nationalen Aufsichtsbehörden Europas und den vereinigten Güterwagensektor (CER, ERFA, UIP, UIRR, UNIFE) eine Datenerhebung ausgearbeitet und angenommen mit dem Ziel, eine systematische Nachvollziehbarkeit der Radsatzinstandhaltung zu gewährleisten.

Diese Vorgaben ~~finden sich~~ wurden ursprünglich in der European Wheelset Traceability (EWT) ~~wiederdefiniert~~, zu dessen Anwendung der Sektor und dessen Fahrzeughalter sich selbst verpflichtet haben.

Die EWT ~~wird~~ ist im Zuge der ~~nächsten~~ Überarbeitung ein fester Bestandteil der SN EN 15313 ~~werden und geworden~~. Die Anwendung ist bis dahin nur bei Güterwagen zwingend anzuwenden, bei Radsätzen anderer Fahrzeugarten freibleibend.

Ziele der EWT bzw. SN EN 15313 sind:

- nach Vorkommnissen die Instandhaltung von Radsätzen nachvollziehen zu können und das Risiko weiterer Vorkommnisse, die aus ähnlichen Gründen resultieren, zu verringern.
- nach Vorkommnissen die Instandhaltungsbedingungen für Radsätze in der Vergangenheit und ebenso ihrer Kernkomponente, der Radsatzwelle, nachzuvollziehen.
- das angewendete Instandhaltungsregime und die an einem Radsatz vorgenommenen zerstörungsfreien Prüfungen nachzuvollziehen.

Somit ist es dem Fahrzeughalter möglich, wenn Mängel entdeckt werden, die betroffenen Radsätze herauszusuchen, zu lokalisieren und die entsprechenden Massnahmen in die Wege zu leiten.

Die Erfassung und Nachhaltung der Daten hathaben in einem elektronischen System zu erfolgen in dem die Daten gefiltert werden können. Dies ist ab dem 01.01.2012 sicherzustellen.

Die Vorgaben der EWT bzw. SN EN 15313 stellen ein Mindestmass an zu erfassenden Daten sicher. Eine Erfassung weiterer Daten ist durch den Fahrzeughalter bzw. der ECM festzulegen.

11.1 – Zeitrahmen der Datenerfassung

~~Die Datenerfassung hat innerhalb von folgendem Zeitrahmen zu erfolgen:~~

- ~~«a» — Daten der Gruppe «a» müssen erstmals erfasst werden, wenn der Radsatz in eine geeignete Werkstatt kommt (eine «geeignete» Werkstatt wird durch die ECM definiert), aber spätestens bei der nächsten Instandhaltungsstufe.~~
- ~~«b» — Die Daten der Gruppe «b» müssen spätestens bei der nächsten Instandhaltung des Radsatzes mit Aufarbeitung der Lager erfasst werden.~~
- ~~«c» — Die Daten der Gruppe «c» müssen spätestens bei der nächsten Montage und Demontage des Radsatzes vom Wagen erfasst werden.~~
- ~~«a», «b» — Für Daten der Gruppen «a» und «b», die nicht ermittelt werden konnten, ist der Hinweis «nicht verfügbar» einzutragen. Vorgaben zur Behandlung dieser Radsätze siehe Kapitel 10.~~

~~Die Erfassung der Daten je Radsatz muss spätestens innerhalb der nächsten Instandhaltung mit Aufarbeitung der Lager abgeschlossen werden.~~

10.11.1 11.2 Kategorie der Datensicherungsfrist

Es wird empfohlen, die Datenaufbewahrung mindestens nach folgender Vorgabe gemäss den Vorgaben der SN EN 15313 bzw. dem ehemaligen EWT vorzunehmen. Dazu sind die folgenden Vorgaben zu beachten:

Kategorie «I» Erfasste dynamische Instandhaltungsdaten der Kategorie «I» des Radsatzes müssen mindestens bis zur nächsten Instandhaltung an der betreffenden Komponente (z.B. von einer Lageraufarbeitung zur nächsten) gespeichert werden.

Kategorie «II» Daten der Kategorie «II» müssen über die gesamte Lebensdauer der betreffenden Komponente gespeichert werden.

Kategorie «III» Daten der Kategorie «III» müssen über die gesamte Lebensdauer des Radsatzes gespeichert werden.

Eine Archivierung aller Daten unabhängig von der Kategorie bis maximal 5 Jahre nach der Verschrottung der Komponenten (Radsatz, Radsatzwelle und Rad) wird empfohlen.

Weitere Vorgaben durch nationale oder europäische Normen, Gesetze oder Vorschriften (z.B. ECM-Zertifizierung) sind unbedingt zu beachten!

Folgende Daten sind zu erfassen:

Nr.	Bezeichnung	Anmerkung	Anwendung	Kategorie
		Güterwagen	Fahrzeug der TSI Loc & Pas	
Radsätze (allgemein) 101	1 Seriennummer des Radsatzes	Es ist gängige Praxis, die Nummer der Radsatzwelle zu verwenden.	Radsatznummer X	III
102	2 Radsatzbauart oder alternative Bezeichnung		Radsatzbauart oder alternative Bezeichnung X	III
103	3 Alle bekannten Halter des Fahrzeugs / der Fahrzeuge, wo der Radsatz montiert wurde.	Sofern zutreffend (wenn ein Halterwechsel stattgefunden hat). Die Daten müssen ab dem ersten bekannten Wechsel des Halters gespeichert werden. Diese Information wird nicht gebraucht, wenn die gesamte Information dieser Datenbank seit dem ersten Eintrag des Radsatzes bekannt ist.	Früherer Halter (ECM): X Sofern zutreffend (wenn ein Halterwechsel stattgefunden hat): Die Daten müssen ab dem letzten Halterwechsel gespeichert werden. Anmerkung: Der	III

Nr.	Nutzen	Zeitraum	Bezeichnung	Anmerkung	Anwendung	Kategorie
				Güterwagen	Fahrzeug der TSI Loc & Pas	
					momentane Halter des Radsatzes ist der Halter des Wagens (siehe Nummer 38): X	
104			4 Nummer des Zertifikats und benannte Stelle der EC-Konformitätserklärung (TSI-konforme Radsätze). Homologationsnummer und Genehmigungs- oder Zertifizierungsstelle (andere Radsatzwellen).	a Falls verfügbar	Zertifikatsnummer und benannte Stelle aus der EC-Konformitätserklärung (TSI-konforme Radsätze). Homologationsnummer und Genehmigungs- oder Zertifizierungsstelle (andere Radsätze): X	III
105			5 Maximal zulässige Radsatzlast	a Für den gesamten Radsatz (Radsatzwelle, Räder und Lager).	Maximal zulässige Radsatzlast (des gesamten Radsatzes): X	III
106			6 Monteur der Räder auf die Radsatzwelle (Hersteller, falls erste Montage).	a Für vorhandene Rollenlager-Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar Für neue Rollenlager-Radsätze: verbindlich.	Monteur der Radscheibe — Für existierende	III

Nr.	Nummer	Zeitraum	Bezeichnung	Anmerkung		Anwendung		Kategorie
					Güterwagen	Fahrzeug der TSI Loc & Pas		
						e auf die Radsatzwelle (der Hersteller im Fall der Erstmontage)-X	Radsätze, die bereits in Betrieb sind; sofern verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich-X	
107			7Datum der Montage der Räder (Monat/Jahr)	aFür vorhandene Rollenlager-Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar Für neue Rollenlager-Radsätze: verbindlich.		Datum der Erstmontage der Radscheibe (Monat/Jahr)-X	— Für existierende Radsätze, die bereits in Betrieb sind; sofern verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich-X	III
108			Monteur anderer gefügter Komponenten (ohne Lager und Dichtungsringe) (Hersteller, falls erste Montage)	Für vorhandene Rollenlager-Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar Für neue Rollenlager-Radsätze: verbindlich.	a)	X		III
109			Datum der Montage anderer gefügter Komponenten (ohne Lager und Dichtungsringe) (Monat/Jahr)	Für vorhandene Rollenlager-Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar Für neue Rollenlager-Radsätze: verbindlich.	a)	X		III
110			8Datum, wann der Radsatz vom Besitzer des Fahrzeugs / der Fahrzeuge aus dem Fuhrpark genommen worden ist (verschrottet, verkauft usw.)	a—	Datum, wann der Radsatz aus dem Fuhrpark des Halters genommen wird (verschrottet, verkauft etc.)-X	X		III

Nr.	Bezeichnung	Anmerkung	Güter- wagen	Fahrzeug der TSI Loc & Pas	Kate- gorie
201	Eindeutige Nummer der Radsatzwelle im Los nach der Bearbeitung	=	X	X	III
202	Radsatzwellenbauart oder alternative Bezeichnung	=	X	X	III
203	Nummer des Zertifikats und der benannten Stelle der EC-Konformitätserklärung (TSI-konforme Radsätze) Homologationsnummer und Genehmigungs- oder Zertifizierungsstelle (andere Radsätze)	Falls verfügbar	X	X	II
204	Hersteller	Für vorhandene Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich	X	X	II
205	Herstellungsdatum (Monat/Jahr)	Für vorhandene Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich	X	X	II
206	Schmelzenummer	Für vorhandene Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich	X	X	II
207	Werkstoff (Wärmebehandlungszustand)	Für vorhandene Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich	X	X	II
208	Maximal zulässige Radsatzlast	Nur Radsatzwelle	X	X	II
209	Herstellungsstandard der Radsatzwelle	Für vorhandene Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich. Der Herstellungsstandard ist direkt mit dem Herstellungsdatum verbunden (UIC; EN)	X	X	II

Tabelle 44-4.11-1: Radsatzwelle allgemein; Vorgabe zur Datenerfassung gemäss EWTSN EN 15313
Anh. A und B

a) Diese Daten sind für Radsätze allgemein.

die Datenbank fakultativ.

Nr	Bezeichnung	Anmerkung	Anwendung		Kategorie
Radsatzwellen	9	a	Radsatzwellennummer (des Herstellers). Güterwagen	sofern verfügbar Fahrzeug der TSI Loc & Pas	II
301	10 Radbauart oder alternative Bezeichnung	a	Radsatzwellenbauart oder alternative Bezeichnung X	X	III
302	Bereifte Räder	Ja/Nein	X	X	II
303	Elastomergefederte Räder	Ja/Nein	N/A	X	II
304	Monteur der elastomergefederten Räder (Hersteller, falls erste Montage)	Für vorhandene Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich	N/A	X	II
305	Datum der Montage der elastomergefederten Räder (Monat/Jahr)	Für vorhandene Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich	N/A	X	II
306	44 Nummer des Zertifikats und der benannten Stelle der EC-Konformitätserklärung (TSI-konforme Radsätze). Homologationsnummer und Genehmigungs- oder Zertifizierungsstelle (andere Radsätze)	a Falls verfügbar	Zertifikatsnummer und benannte Stelle aus der EC-Konformitätserklärung (TSI-konforme Radsatzwellen). Homologationsnummer und Genehmigungs- oder Zertifizierungsstelle (andere Radsatzwellen). X	sofern verfügbar X	II
307	12 Hersteller	b Für vorhandene Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich	Hersteller X	— Für existierende	II

Nr	Nu- m- Zeitra	Bezeichnung	Anmerkung	Anwendung		Kate- gorie
Radsatzwellen	9		a	Radsatz- wellense- riennum- mer (des Her- stel- lers)-Gü- terwagen	sofern verfügbar- Fahrzeug der TSI Loc & Pas	II
					Rads- ätze, die bereits in Be- trieb sind: sofern verfüg- bar. Für neue Radsätze: verbind- lich.X	
308		13Herstellungsdatum (Mo- nat/Jahr)	bFür vorhandene Rads- ätze schon in Betrieb: falls verfügbar. Für neue Radsätze: ver- bindlich	Herstel- lungsda- tum (Mo- nat/Jahr)X	—Für existie- rende Rads- ätze, die bereits in Be- trieb sind: sofern verfüg- bar. Für neue Radsätze: verbind- lich.X	II
309		14Werkstoff (Wärmebehand- lungszustand)	bFür vorhandene Rads- ätze schon in Betrieb: falls verfügbar. Für neue Radsätze: ver- bindlich	Schmel- zennum- merX	—Für existie- rende Rads- ätze, die bereits in Be- trieb sind: sofern verfüg- bar. Für neue Radsätze: verbind- lich.X	II
310		15Schmelzennummer	bFür vorhandene Rads- ätze schon in Betrieb: falls verfügbar. Für neue Radsätze: ver- bindlich	Stahlsorte (Wärme- behand- lungs-zu- stand)X	—Für existie- rende Rads- ätze, die bereits in Be- trieb sind: sofern	II

Nr	Nr	Zeitraum	Bezeichnung	Anmerkung	Anwendung		Kategorie
					Radsatzwellennummer (des Herstellers): Güterwagen	sofern verfügbar Fahrzeug der TSI Loc & Pas	II
						verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich. X	
311			16Maximal zulässige Radsatzlast	aNur Rad	Maximal zulässige Radsatzlast (hinsichtlich der Radsatzwelle): X	Nein	II
	17	b	Fertigungsstandard der Radsatzwelle:	—Für existierende Radsätze, die bereits in Betrieb sind: sofern verfügbar. —Für neue Radsätze: verbindlich. Der Fertigungsstandard steht in direktem Bezug zum Herstellungsdatum; (UIC; EN).			II

Tabelle 11-2: 11-2: Räder: Vorgabe zur Datenerfassung gemäss EWT für Radsatzwellen. SN EN 15313 Anhang A und B

Nr	Nr	Zeitraum	Bezeichnung	Anmerkung	Anwendung	Kategorie	
					Güterwagen	Fahrzeug der TSI Loc & Pas	
Radscheiben401			18Radsatzlagerbauart oder alternative Bezeichnung	a_	Bauart oder alternative Bezeichnung.X	X	IIII
402			19Wälzlagerart	aZylinderrollenlager, Pendelrollenlager usw.	bereifte Räder.X	ja / neinX	II
403			20Originalhersteller des Lagers	aDie Komponente beinhaltet den Außenring, den Käfig und die Wälzkörper	Zertifikatnummer und benannte Stelle aus der EC-Konformitäts-erklärung (TSI-konforme Räder). Homologationsnummer	sofern verfügbarX	II

Nr	Nr	Zeitra	Bezeichnung	Anmerkung	Anwendung	Kategorie
				Güterwagen	Fahrzeug der TSI Loc & Pas	
					und Genehmigungs- oder Zertifizierungsstelle (andere Räder):X	
404	Umrüster des Lagers (z.B. Umrüstung auf Kunststoffkäfige)		Falls zutreffend	X	X	!
405	24Herstellungsdatum des Wälzlagers in klarer oder codierter Form		—Für vorhandene Radsätze schon in Betrieb: falls verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich	HerstellerX	—Für existierende Radsätze, die bereits in Betrieb sind: sofern verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich.X	II
406	Käfigbauart		Polyamid, Messing mit Stahlknet, Stahl	X	X	!
407	Bezeichnung des Radsatzlagerschmierfetts		=	X	X	!
408	Chargennummer des Radsatzlagerschmierfetts		=	X	X	!
409	22Herstellungsdatum des Radsatzlagerschmierfetts (Monat/Jahr)		—	Herstellungsdatum (Monat/Jahr)X	—Für existierende Radsätze, die bereits in Betrieb sind: sofern verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich.X	II
	23	b	Stahlsorte (Wärmebehandlungszustand):	—Für existierende Radsätze, die bereits in Betrieb sind: sofern verfügbar. —Für neue Radsätze: verbindlich.		II
	24	b	Schmelzenummer	—Für existierende Radsätze, die bereits in Betrieb sind: sofern verfügbar. —Für neue Radsätze: verbindlich.		II
	25	a	Maximal zulässige Radsatzlast (hinsichtlich des Rades):			II

Tabelle 41-3:11-3: Radsatzlager: Vorgabe zur Datenerfassung gemäss EWT für Radscheiben, SN EN 15313 Anhang A und B

Nr	Nr m	Zeitra	Bezeichnung	Anmerkung	Anwendung		Kategorie
Radsatzlager			26	a	Bauart des Lagergehäuses oder alternative Bezeichnung: Güterwagen	Fahrzeug der TSI Loc & Pas	II
501			27Datum der Instandhaltung	b_	Geometrischer Typ des	X	II

			Lagers (z.B. Zylinderrollenlager, Pendelrollenlager etc.): <u>X</u>		
<u>502</u>	<u>28</u> Zutreffender Instandhaltungsplan	<u>b</u> Nummer des Dokuments	Originalhersteller des Lagers (Einheit besteht aus Aussering, Käfig und Wälzkörper): <u>X</u>	<u>X</u>	II
<u>503</u>	<u>29</u> Instandhaltungsstufe	<u>b</u> Code, der im Instandhaltungsplan festgelegt ist	Konvertierer des Lagers (z.B. auf Polyamid Käfig): <u>X</u>	sofern zutreffend <u>X</u>	III
<u>504</u>	<u>30</u> Instandhaltungswerkstatt oder Ort	<u>b</u> _	Herstellungsdatum des Lagers in Klartext oder codierter Form: <u>X</u>	Für existierende Radsätze, die bereits in Betrieb sind: sofern verfügbar. Für neue Radsätze: verbindlich: <u>X</u>	III
<u>505</u>	<u>34</u> Letzter Instandhalter des Lagers	<u>b</u> Falls nicht mit der Instandhaltungswerkstatt gleich	Käfigbauart (z.B. Material Polyamid, Messing mit Stahlnieten, Stahl): <u>X</u>	<u>X</u>	I
<u>506</u>	<u>32</u> Datum der nächsten planmäßigen Instandhaltung des Radsatzes	<u>b</u> _	Schmiermitteltyp <u>X</u>	<u>X</u>	I

Tabelle 11-4: 11-4: Radsatzinstandhaltung; Vorgabe zur Datenerfassung gemäss EWT für Radsatzlager SN EN 15313 Anh. A und B

Nr	Art	Zeitraum	Bezeichnung	Anmerkung	Anwendung	Kategorie
Mittlere und schwere Radsatzinstandhaltung			33	a	Datum der Instandhaltung: Güterwagen Fahrzeug der TSI Loc & Pas	II

601	34Eigentümer des Fahrzeugs	a_	Gelten- des In- stand- hal- tungs- pro- gramm (Num- mer des Doku- ments):X	X	IIII
602	35Fahrzeugnummer	a_	Instand- hal- tungs- stufeX	X	IIII
603	36TSI-/UIC-Code des Fahr- zeugs	az.B. Sgmmns	Instand- hal- tungs- werk- statt/ Instand- hal- tungs- ortX	N/A	IIII
604	Fahrzeugklasse	Falls verfügbar, z.B. 648	X	N/A	III
605	Maximal zulässige Radsatzlast	Für das Fahrzeug	X	N/A	III
606	37Datum des Einbaus des Rad- satzes in das Fahrzeug	b_	Letzter Instandhal- ter des Lagers (falls nicht die Instand- haltungs-werk- statt):X	X	IIII
607	38Datum des Ausbaus des Radsatzes aus dem Fahrzeug	a_	Datum der näch- sten plan- mässigen In- stand- haltung des Radsat- zes:X	X	IIII
608	Kilometerleistung des Radsat- zes seit Einbau in das Fahrzeug	Falls verfügbar (oder an- dernfalls abgeschätzt)	X	X	III
609	Vorfälle während des Betriebs	Sonderuntersuchung im Fall eines signifikanten, außergewöhnlichen Schadens (z.B. Entglei- sung, Überladung, Kurz- schluss durch das Rad- satzlager, Hochwasser, gebrochenes Rad, ge- brochene Radsatzwelle, Wagenkollision) (Beschreibung der Ursa- che, Werkstatt, Datum)	X	X	III

Tabelle 11-5:11-5: _____ Daten zum Fahrzeug, in dem der Radsatz montiert ist, sowie für Vorfälle während
des Betriebs. Vorgabe zur Datenerfassung gemäss EWT für mittlere SN EN 15313 Anhang A
und schwere RadsatzinstandhaltungB.

	Nummer	Zeitraumen	Bezeichnung	Anmerkung	Kategorie
Fahrzeuge, in welche die Radsätze eingebaut sind	39	e	Halter des Wagens.		III
	40	e	Wagennummer		III
	41	e	UIC-Code des Fahrzeugs (z. B. Hbis, Shimmns).		III
	42	e	Fahrzeugklasse (z.B. 708)	sofern verfügbar	III
	43	e	Maximal zulässige Radsatzlast (hinsichtlich des Fahrzeugs).		III
	44	e	Datum der Radsatzmontage.		III
	45	e	Datum der Radsatzdemontage.		III
	46	e	Zurückgelegte Strecke des Radsatzes, aufgeschlüsselt nach Betriebszeitraum je Fahrzeug, sofern verfügbar.		III

Tabelle 11-6: ~~Vorgabe zur Datenerfassung gemäss EWT für Fahrzeuge, in welche die Radsätze eingebaut sind.~~

	Nummer	Zeitraumen	Bezeichnung	Anmerkung	Kategorie
Unregelmässigkeiten	47	a	Unregelmässigkeiten	Sonderuntersuchungen im Fall signifikanter Schäden (z. B. Entgleisung, Überlastung, Kurzschlüsse über die Radsatzwellenlager, Hochwasser, Radbruch, Radsatzwellenbruch, Wagenkollisionen) (Beschreibung der Ursache, Ausführende Werkstatt, Datum).	III

Tabelle 11-6: Vorgabe zur Datenerfassung gemäss EWT für Unregelmässigkeiten.

Entwurf

~~11.12~~ **12** Reinigung, Schmierung und Korrosionsschutz

~~11.12.1~~ **12.1** Reinigung

Ziel der Reinigung von Radsätzen ist es, die betrieblichen Verschmutzungen und allfällige schlecht oder nicht mehr haftenden Beschichtungen vor einer Bearbeitung zu entfernen, sofern dies für die weitere Behandlung des Radsatzes notwendig und zur Wahrung einer gewissen Arbeitsplatzhygiene vorgesehen ist.

Ebenfalls gereinigt wird vor einer allgemeinen visuellen oder messtechnischen Kontrolle sowie vor der Montage. ZfP-Prüfungen erfordern eine spezielle Reinigung mit definierten Anforderungen an die gereinigte Oberfläche. Bei Neubeschichtungen ist ebenfalls vorgängig eine Reinigung durchzuführen mit dem Ziel, optimale Haftbedingungen für die Neubeschichtung zu erreichen.

Vor der Reinigung eines kompletten Radsatzes muss bekannt sein, welche Aufarbeitungsstufen durchlaufen werden, um das Reinigungsverfahren oder den notwendigen Schutz bestimmter Bauteile entsprechend wählen zu können.

Die Reinigung einzelner Bauteile des Radsatzes, insbesondere die Radsatz-, Getriebe- und Tatzlager verschiedenster Bauarten sowie dazugehöriger Teile im Rahmen einer umfassenden Aufarbeitung sollte separat mit geeigneten industriellen Waschanlagen stattfinden.

~~11.1.12.1.1~~ **12.1.1** Reinigungsmethoden

Folgende Reinigungsmethoden können unter Berücksichtigung der Werkstatteinrichtung und den allenfalls zu schützenden Bauteilen am Radsatz angewendet werden:

- Nass mit Hochdruckreiniger manuell mit kaltem oder heissem Klarwasser mit und ohne Reinigungszusatz bzw. vorgehendes Anlaugen.
- Nass in einer industriellen Waschanlage mit und ohne Reinigungszusatz bzw. vorgehendes Anlaugen.
- Trocken mit Drahtbürsten oder nicht abrasiven Schleifmitteln vorzugsweise zum Entfernen von Beschichtungen und Rost.
- Strahlen unter Beachtung separater Vorschriften (z.B. VPI 04, Anhang 13).

Bei der Verwendung von Reinigungsmitteln auf Säurebasis ist darauf zu achten, dass die gewaschenen Bauteile neutralisiert werden, um Korrosion in Fügestellen und auf metallischen Oberflächen zu verhindern. Bei basischen Reinigungsmitteln (Laugen) ist in der Regel keine Neutralisation notwendig. Ein rascher Trocknungsprozess ist anzustreben.

Bei der Anwendung trockener Reinigungsmethoden, bei denen in der Regel Staub und Abrieb entsteht, muss nachträglich eine gründliche Feinreinigung des Bauteils erfolgen, um es von den Resten des Abriebs oder von Stahlgut vollständig zu befreien.

Bei der Verwendung von Drahtbürsten muss sichergestellt werden, dass Oberflächen mit Rost und Verunreinigungen nicht nur poliert werden. So polierte Oberflächen können metallisch glänzen und wie Metalloberflächen aussehen, auf denen die Beschichtungen nicht ausreichend haften. Die Oberflächenvorbereitung mit maschinell angetriebenen Werkzeugen ist im Hinblick auf die Flächenleistung und den Vorbereitungsgrad wirksamer als die Oberflächenvorbereitung von Hand, aber nicht annähernd so wirksam wie Strahlen.

Bei allen Reinigungsmethoden müssen Bauteile oder Bereiche, die nicht gereinigt werden sollen oder die empfindlich gegen das entsprechende Reinigungsmittel sind (z.B. Lagersitze beim Sandstrahlen) zuverlässig mit geeigneten Mitteln geschützt werden.

«Vorsichtiges» Reinigen alleine ist nicht ausreichend und kann einen guten Schutz nicht ersetzen.

Bei Radsatzwellen ist zu beachten, dass die Übergangsradien zwischen den verschiedenen Durchmessern generell die dynamisch am höchsten beanspruchten Bereiche sind. In diesen Bereichen darf unter keinen Umständen mit mechanischen Mitteln (z.B. Dreikantschaber, Schaber, Spachtel) gereinigt werden. Abrasive Schleifmittel verursachen häufig Oberflächenschäden mit Kerbwirkung. Sie sind deshalb ebenfalls nicht zu verwenden.

Bei der Reinigung ist generell folgendes zu beachten:

- Das Reinigungsmittel darf das Basismaterial nicht angreifen (Dichtungsmaterialien und Kunststoffe ~~/Gummi~~), hier sind ggf. Herstellerangaben zu beachten.
- Nach dem Waschen mit sauren ~~/~~ basischen Reinigungsmitteln muss neutralisiert werden. Sofern keine direkt anschließende Weiterbearbeitung erfolgt ist nach der Trocknung ein temporärer, geeigneter Rostschutz aufzubringen.
- Die Waschtemperatur ist anzupassen, wenn die Beschichtung nicht angegriffen werden soll bzw. Dichtungsmaterialien und Kunststoffe ~~/Gummi~~ nicht geschädigt werden dürfen.
- Radsätze mit montierten Lagern und Antrieben, die nicht zerlegt werden, oder eingebaute Radsätze dürfen nicht gewaschen werden, sofern die Lager nicht sicher gegen das Eindringen von Waschmittel und Wasser geschützt sind.
Beim Reinigen mit mechanischen Mitteln (z.B. Drahtbürsten oder nicht abrasive Schleifmittel) müssen empfindliche Bauteile vor Staub geschützt werden. Die Wellenoberfläche darf nicht verletzt werden.

Entwurf

11.1.212.1.2 ~~12.1.2~~ Reinigungsstandards

Nachfolgende Tabelle gibt auf Basis von Betriebserfahrungen Auskunft, welcher Reinigungszustand für die Ausführung der verschiedenen Arbeiten am Radsatz vorzusehen ist.

	lose Schmutz- ansammlun- gen Schmutz- ansammlun- gen entfernt, Beschichtung sauber	schlecht haftende Beschichtung weitgehend entfernt	Beschichtung weitgehend entfernt (mechanisch und chemisch)	metallisch blank, fettfrei
Reprofilieren	x	–	–	–
Bereifen	x	x	–	–
Neubescheiben	x	x	–	–
ZfP MT und PT	–	–	x	–
ZfP UT Hohlwelle, Radsatz eingebaut	x	–	–	–
ZfP UT Hohlwelle, ausgebaut	x	x	–	–
Lageraufarbeitung	–	–	–	x
Neubeschichtung	–	–	–	x
Ausbessern von Beschichtungsschäden	–	–	x	–
Montage von Bremscheiben	x	x	–	–
Montage von Getriebebauteilen	x	x	–	x
Massprüfung an Radsät- zen (z.B. Radprofil)	x	–	–	–

Tabelle ~~12.1.2~~12.1: Reinigungsstandards bei der Radsatzbehandlung

11.212.2 ~~12.2~~ Schmierung

11.2.112.2.1 ~~12.2.1~~ Radsatzlager

11.2.1.112.2.1.1 ~~12.2.1.1~~ Gleitlager

Gleitlager (Radsatzlager, Tatzlager und Hohlwellenlager) sind im Allgemeinen mit einer Ölschmierung versehen. Es handelt sich meist um eine Sumpfschmierung oder seltener eine Tropfschmierung.

Der Betrieb von Fahrzeugen mit Gleitlagern bedarf spezieller Kenntnisse und Erfahrung bezüglich zu verwendender Ölsorte und der Kontrollintervalle der Schmiereinrichtungen. Bei beiden Schmierarten ist darauf zu achten, dass sich die verwendeten Ölsorten besonders bezüglich ihres Viskositätsverhaltens (Schmierfähigkeit bei höheren Temperaturen, Kapillarwirkung der Schmierdochte) für die Anwendung eignen.

Da es sich meist um Fahrzeuge mit geringer Laufleistung handelt (z.B. historische Fahrzeuge) ist darauf zu achten, dass durch regelmässiges bewegen Stillstands Schäden vermieden werden (Sauerstoffkorrosion). Bei Sumpfschmierungen muss beachtet werden, dass Wasser aus den Vorratsbehältern regelmässig abgelassen wird (Faulen der Schmierdochte, Mangelschmierung). Daneben ist die regelmässige Kontrolle des Zustandes der Anpressfedern von Schmierpolstern bei Sumpfschmierungen notwendig, um

Mangelschmierung und letztendlich Heissläufer durch erlahmte oder gebrochene Federn vorzubeugen.

Auf Grund der reduzierten Verwendung und der Artenvielfalt der Gleitlager werden keine weiteren Empfehlungen zu dieser Lagerbauart und deren Schmierung gegeben.

~~11.2.1.2~~ ~~12.2.1.2~~ ~~12.2.1.2~~ **Wälzlager**

Radsatzlager sind sicherheitsrelevante Einzelkomponenten des Radsatzes. Diesen Bauteilen ist daher auch in Bezug auf die Schmierung die gleiche Aufmerksamkeit zu schenken, wie sie allgemein im Radsatzbereich geboten ist.

Radsatzlagerfette sind Schmierstoffe, die speziell für den vorgesehenen Anwendungsbereich konzipiert werden. Die Radsatzlagerfette (Basisprodukte siehe **Tabelle 12-2**) haben den Anforderungen der Norm SN EN 12081 für eine grundsätzliche Produktzulassung zu genügen. Sie müssen besonders bezüglich folgenden Punkten gegenüber normalen Schmierfetten erhöhte Anforderungen erfüllen:

- mechanische Stabilität
- thermische Stabilität
- Korrosionsschutz

Die Radsatzlagerschmierfette sind neben der Produktzulassung möglichst einer chargenweisen Prüfung zu unterziehen. Dies ist besonders dann empfehlenswert, wenn erhöhte Anforderungen an die mechanische Stabilität des Radsatzlagerfettes gestellt werden, aber auch, wenn die Ausfallwahrscheinlichkeit der Radsatzlager bei grosser Fahrleistung und langen Revisionszyklen möglichst tief gehalten werden soll. Eine Auswahl der zugelassenen und chargengeprüften Fette ist in **Tabelle 12-2** aufgeführt.

Daneben werden Radsatzlager im Rahmen der Typenzulassung unter Verwendung des vorgeschriebenen Schmierfettes **nachgemäss** SN EN 12080 und SN EN 12082 auf dem Prüfstand geprüft und zugelassen. Daher ist ein Wechsel der Fettsorte nicht ohne vertiefte technische Abklärungen möglich, besonders wenn gewisse Rahmenbedingungen bezüglich **Fahrzeug/Fahrzeugs** (z.B. Hochgeschwindigkeitsverkehr) oder Umweltbedingungen (z.B. Tieftemperaturbereich) vorhanden sind.

Radsatzlagerfette haben im Allgemeinen garantierte minimale Schmiereigenschaften während einer gewissen vom Fetthersteller angegebenen Lebensdauer. Diese beträgt typischerweise 6 Jahre oder 1 – 1.2 Mio. km ab in Verkehrssetzung des Schmierstoffes. Soll ein Radsatzlager über diese Frist hinaus ohne Fettwechsel weiterbetrieben werden, kann dies unter gewissen Bedingungen (Einhaltung der Revisionsfristen gemäss Kapiteln **8-bis-10**) **8 bis 10**) erfolgen:

- Belegen der weiteren Schmierfähigkeit durch Fettanalyse an einzelnen Radsatzlagern einer baugleichen Flotte (Probezerlegung, eher für Fahrzeuge mit hoher Belastung und Laufleistung) **7-1**
- Belegen der weiteren Schmierfähigkeit durch Sichtprüfung des Fettzustandes (Auslösung, Fettmengenverteilung, Prüfen auf Feinanteil im Schmierstoff) für Fahrzeuge mit mittlerer Laufleistung und Belastung **7-1**
- Erweitern des Revisionsintervall bis auf maximal 16 Jahre für Fahrzeuge mit geringer Laufleistung ohne weitere Prüfung, Beurteilung nur anhand der zurückgelegten Kilometer und bisherigen Betriebsbeobachtungen (Radsatzgruppe A und B gemäss Abschnitt **8-3-1**) **8.3.1**
- Erweitern des Revisionsintervalls ausnahmsweise bis auf 20 Jahre für Fahrzeuge mit sehr geringer Laufleistung (in der Regel Dienstwagen) und zwischenzeitlicher Radsatzlagerkontrolle nach 10 Jahren gemäss Abschnitt **8-3-28.3.2** Radsatzgruppe D2 **7-1**

Neufahrzeuge werden mit einer Lebensdauerangabe (Laufleistungsvermögen in Kilometer oder Zeitdauer) bezüglich Radsatzlager und Schmierfetten in Verkehr gesetzt. Die Richtigkeit dieser Angaben muss durch Probezerlegung der Radsatzlager und Fettanalysen im Rahmen eines Betriebsversuches verifiziert werden. Anzustreben ist eine Instandhaltungsfrist, die es erlaubt die Aufarbeitung des Radsatzlagers mit einer kompletten Neubefettung und ggf. einer Neubeschreibung des Radsatzes zeitgleich abzustimmen.

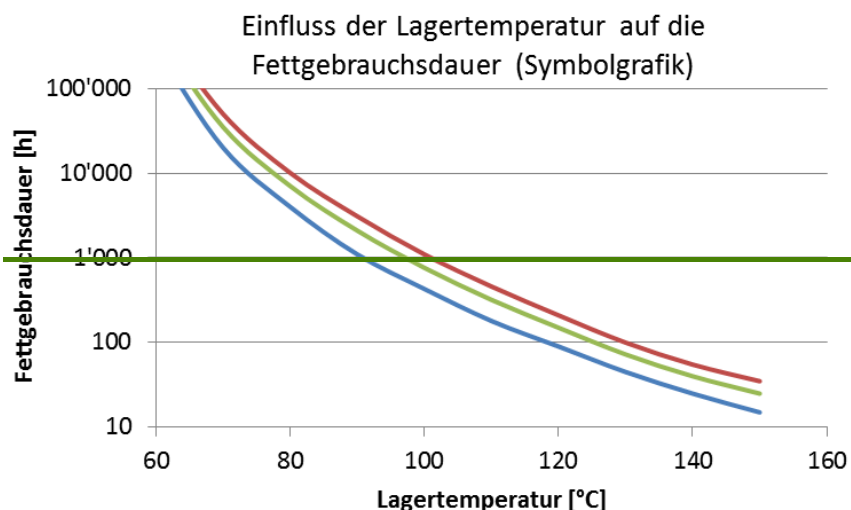
Ziel ist es, die Radsatzlager möglichst ohne Nachschmierung im Betrieb zu belassen. Eine Nachschmierung kann bei Fahrzeugen mit sehr hoher Laufleistung sinnvoll sein, um mechanisch einwandfreie Radsatzlager auf eine höhere Laufleistung ohne Revision zu bringen. Das Nachschmieren von Radsatzlagern bedingt eine genauere Kenntnis des Schmierstoffverhaltens im gegebenen Einsatzfall und sollte durch einen Betriebsversuch verifiziert werden.

Die Lebensdauer von Radsatzlagerschmierfetten kann durch äussere Verunreinigungen stark eingeschränkt werden. Abdichtungen von Radsatzlagern (Blechklappendichtungen, Lippendichtringe, Lamellendichtringe, Filzringe oder Labyrinthringe) sollten daher nach jeder Aufarbeitung der Radsatzlager und Radsatzlagergehäuse einen neuwertigen Zustand aufweisen. Ebenso ist bei der Reinigung von Fahrzeugen darauf zu achten, dass weder Schmutz noch Reinigungsmittel in die Schmierfette gelangen.

Das Befüllen der Radsatzlager mit Schmierfett soll so erfolgen, dass eine definierte Schmierstoffmenge eingebracht wird. Die Schmierstoffmenge ist im Radsatzlager nach festgelegten Kriterien zu verteilen. Die Kriterien für die Fettverteilung müssen auf die jeweilige Radsatzlagerbauart abgestimmt sein und das Betriebsverhalten des Lagers berücksichtigen. Das Befüllen der Radsatzlager mit Schmierfett hat in sauberer Umgebung zu erfolgen, so dass möglichst keine Fremdkörperanteile (Schmutzpartikel) in das Lager gelangen. Auf die früher angewandte Umlaufschmierung und vollständige Befüllung des inneren Lagervolumens mit Schmierfett ist zu verzichten, da dies zu einer erhöhten Betriebstemperatur führt.

Montagehilfsstoffe (Montagepasten, Schutzmittel gegen Tribokorrosion) zur Radsatzlagermontage müssen mit den Schmierfetten verträglich sein. Das Vermischen von unterschiedlichen Schmierfetten ist zu vermeiden.

Eine zeitlich eingeschränkte Schmierfähigkeit des Schmierfettes ist bei ein- oder mehrmaliger Betriebstemperatur von mehr als 80–90 °C zu erwarten. Ein vollständiger Ausfall des Schmierfettes ist bei Temperaturen über 120 °C zu erwarten. Radsatzlagerschmierfette, die diese Temperaturgrenzen überschritten haben, sind daher so schnell wie möglich zu tauschen.



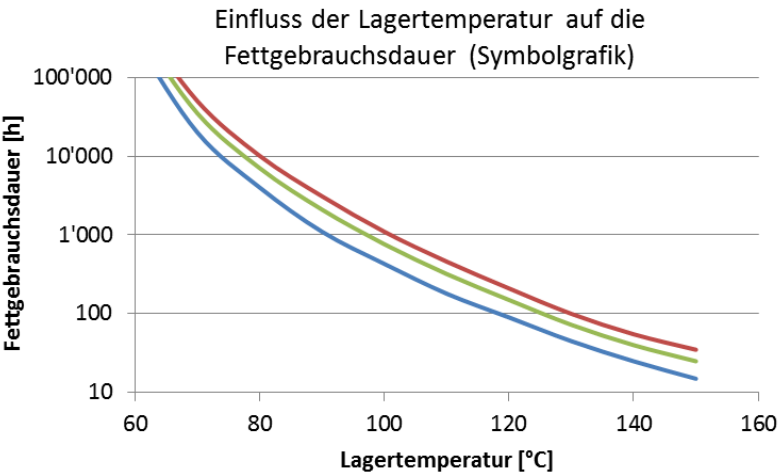


Abb. 12.2.1-1:

Abbildung 12-1: Symbolische Kennlinien der Fettnutzungsdauer über der Lagertemperatur.

Mögliche, derzeit verwendete Schmierfette im Radsatzlagerbereich sind:

Hersteller-/Fetts- orte (Basisprodukte)	alte Bezeichnung	Sortennamen der Radsatzlagerhersteller oder Bahnverwaltungen (chargengeprüfte Fette)
Shell-/GadusRail S3 EUFR	Alvania 2760B Alvania LA	Arcanol L 225, Arcanol L 222 VL-VT188 Alvania 2760 DB Alvania 2760 B
Esso-/Mobilith SHC 100		VL-GHY
Kajo-/085.30	Esso 085.30	VL-VT 437
–	Esso Beacon EP2	Arcanol L42
Shell-/GadusRail S4 HS EUFR	Nerita 2858	VL-GEF

Tabelle 12-2: Radsatzlagerfette

~~11.2.2~~ ~~12.2.2~~ **Getriebe und Antriebskomponenten**

Für die Schmierung von Getrieben und Antriebskomponenten gibt es keine verbindlichen Normen und Vorschriften. Die anzuwendenden Instandhaltungsintervalle und Arbeitsinhalte sollten auf folgenden Anhaltspunkten abgestützt werden:

- Herstellerangaben für Fahrzeuge
- Herstellerangaben für Einzelkomponenten
- Betreibererfahrungen
- Resultate aus Betriebsversuchen
- Risikoanalysen

Auf Grund der Artenvielfalt werden hier keine weiteren Empfehlungen zur Schmierung von Getriebe und Antriebskomponenten gegeben.

~~11.3~~ ~~12.3~~ **Korrosionsschutz für den Betriebseinsatz**

Dieses Kapitel behandelt alle Vorgänge zur Herstellung eines ordnungsgemässen Korrosionsschutzes. Nicht berücksichtigt werden die Anforderungen an die Oberflächengüte zur zerstörungsfreien Prüfung des Radsatzes. Diese ist in Kapitel ~~7~~7 definiert.

Der Korrosionsschutz auf der Radsatzwelle und der Radscheibe im Betrieb hat die wesentliche Aufgabe, das darunter liegende Material vor Korrosion zu schützen. Fortgeschrittene Korrosion an der Oberfläche von Wellen kann zu Rissen und damit zum vorzeitigen Ausfall des Radsatzes durch einen Bruch der Radsatzwelle oder der Radscheibe führen. Der Einsatz eines Radsatzes in dem dafür vorgesehenen Belastungsbereich ist nur dann sicher möglich, wenn durch die Instandhaltung ein wirksamer Schutz gegen Korrosion während der Lebensdauer der Welle ~~sicher gestellt~~sichergestellt ist.

Daneben kann eine gute Beschichtung auch bedingt vor mechanischer Schädigung der Radsatzwelle durch Schotterflug oder ähnliche äussere Einflüsse schützen.

Bei Vollrädern ist es möglich durch die Verwendung einer ausgewählten Beschichtung den Grad einer thermischen Überlastung der Radscheibe durch Klotzbremsen über die Veränderung der Beschichtung bzw. deren Abbrand festzustellen.

Die Art der Beschichtung und die zu beschichtenden Orte werden in der Regel durch den Radsatzhersteller oder den Fahrzeughalter definiert. Dieser muss sicherstellen, dass die von ihm gewählte Beschichtung die Anforderungen der gültigen Normen und Regelwerke einhält.

Für einzelne Bauteile eines Radsatzes ist während Transport und Lagerung ebenfalls ein ausreichender Korrosionsschutz wie in Kapitel ~~13~~13 gefordert notwendig.

~~11.3.1~~ ~~12.3.1~~ **Korrosionsschutz der Radsatzwelle**

~~11.3.1.1~~ ~~12.3.1.1~~ **Schutzklassen der Korrosionsschutz-Beschichtung**

Die Korrosionsschutz-Beschichtung wird in vier Schutzklassen entsprechend dem Einsatzfeld und dem Instandhaltungsaufwand der Radsatzwelle nachgemäss SN EN 13261 eingeteilt:

- Klasse 1: Radsatzwellen, die atmosphärischer Korrosion und äusseren mechanischen Angriffen ausgesetzt sind, findet vorzugsweise Anwendung bei Geschwindigkeiten grösser 200 km/h.
- Klasse 2: Radsatzwellen, die korrosiven Produkten ausgesetzt sind.
- Klasse 3: Radsatzwellen, die atmosphärischer Korrosion ausgesetzt sind.
- Klasse 4: Radsatzwellen, die atmosphärischer Korrosion ausgesetzt sind und wenn die nach SN EN 13103 und SN EN 13104 berechneten Spannungen, Eine zulässige Spannungsminderung in der Radsatzwelle unter 60 % der Höchstspannungen liegen, muss gemäss SN EN 13103-1, Absatz 8.1, angewendet und begründet werden

Die Anforderung der einzelnen Klassen an die Beschichtung ist in nachfolgender Tabelle dargestellt.

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Dicke der Beschichtung	x	x	x	–
Haftung der Beschichtung	x	x	x	–
Stossfestigkeit	x	–	–	–
Widerstand gegen Abrieb	x	x	x	–
Salzwasserbeständigkeit	x	x	x	–
Beständigkeit gegen korrosive Medien	–	x	–	–
Widerstand gegen zyklische mechanische Belastung	x	x	x	–

Tabelle ~~12.3.12.3~~: Beschichtungsklassen von Radsatzwellen.

Der Radsatzhersteller oder der Fahrzeughalter muss sicherstellen, dass die von ihm angegebenen Beschichtungen die in der Tabelle aufgeführten Bedingungen erfüllen. Dies ist durch die Ausführung von normierten Versuchen nachzuweisen.

~~12.3.1.2~~ ~~12.3.1.2~~ **Radsatzwellen mit demontierbarem Schlagschutz**

Zusätzlich zum Korrosionsschutz durch eine Farbbeschichtung bietet ein demontierbarer Radsatzwellenschutz einen ähnlichen Schutz gegen Steinschläge wie eine Beschichtung nach Klasse 1 (siehe Abschnitt 12.3.1.1) und verhindert die damit verbundenen Farb- und Oberflächenschäden, Korrosion und eine vorzeitige Aufarbeitung oder Ersatz des Radsatzes weitgehend. Durch die vorgesehene Belüftung wird stehende Feuchtigkeit und daraus resultierende Schäden an der Oberflächenbeschichtung verhindert. Der wesentliche Unterschied zur Beschichtung Klasse 1 ist die Demontierbarkeit und damit die Beibehaltung gängiger Prozesse bei der Radsatzwellenbeschichtung und ein einfacher Austausch im Schadensfall.

Montage

Der Radsatzwellenschutz wird auf eine gemäss Klasse 2 oder Klasse 3 fertig beschichtete Radsatzwelle montiert. Bei der Montage ist sicherzustellen, dass die Oberflächenbeschichtung, unabhängig davon, ob komplett neu aufgebracht oder partiell ausgebessert, vollständig durchgetrocknet und sauber ist. Die Einbauvorgaben der Hersteller sind zwingend einzuhalten, insbesondere die Sicherung durch die Gelenkbandschellen. Die Gelenkbänder für die Radsatzbeschriftung oder, wenn vorhanden, RFID-Tags sind ausser auf dem Wellenschutz zu montieren.

Instandhaltung

Der Radsatzwellenschutz bedingt im Einsatz keine zusätzlichen Instandhaltungsaufwendungen. Eine regelmässige Sichtkontrolle im Rahmen der betriebsnahen Instandhaltung ist ausreichend.

Durch die vollständige Ummantelung der Radsatzwelle ist deren Beschädigung weitgehend ausgeschlossen. Eine Sichtprüfung ist in diesem Bereich nicht möglich und nicht notwendig. Bei Anzeichen grösserer Schäden am Radsatzwellenschutz mit Verdacht auf eine allfällige Beschädigung der darunter liegenden Radsatzwelle muss der Schutz demontiert und je nach Zustand ersetzt sowie die Welle entsprechend kontrolliert werden.

Beim Tausch eines Radsatzwellenschutzes anlässlich Beschädigungen oder Kontrolle ist der Montagebereich auf der Radsatzwelle vor der Neumontage des Schutzes zu reinigen. In der Regel ist dazu eine Trockenreinigung ausreichend.

Bei der Aufarbeitung ist eine Reinigung und Kontrolle des demontierten Radsatzwellenschutzes auf Beschädigungen gemäss Herstellervorgaben durchzuführen. Die Befestigungselemente sind ggf. zu ersetzen.

Bei der Demontage und Montage ist darauf zu achten, dass die Gelenkbänder für die Radsatzbeschriftung oder, wenn vorhanden, RFID-Tags wieder am richtigen Radsatz montiert werden.

UT-Prüfung Radsatzwellen

Der Radsatzwellenschutz kann bei Ultraschallprüfungen der Radsatzwellen am Radsatz bleiben. Allerdings kann es zu Scheinanzeigen kommen, da die Kontaktstellen des Radsatzwellenschutzes zur Radsatzwelle Anzeigen bei der Prüfung hervorrufen können. Gefestigte Erfahrungen dazu liegen noch nicht vor, die Prüfer sind entsprechend zu sensibilisieren.

Durch den Schutz der Radsatzwelle und die damit stark reduzierte Schadenswahrscheinlichkeit können beim Vorliegen entsprechender Nachweise vom ECM 2 die laufleistungsabhängigen Intervalle für die UT-Prüfung angepasst werden.



Abbildung 12-2: Montierter Radsatzwellenschutz im Betriebseinsatz



Abbildung 12-3: Radsatzwelle nach der Demontage des Schutzes; ungereinigt



Abbildung 12-4: Radsatzwelle nach der Demontage des Schutzes und Trockenreinigung mit leichten Abdrücken des Schutzes.

11.3.1.212.3.1.3 Radsatzwellen mit Schlagschutzbeschichtung – Schutzklasse 1

Radsatzwellen, die nach den Forderungen der Schutzklasse 1 behandelt werden müssen, bedürfen je nach Art des Schlagschutzes einem mehrstufigen Beschichtungsaufbau. Die Untergrundvorbereitung ist dabei gleich wie im Abschnitt 12.3.1.4 auszuführen.

Die Beschichtung erfolgt gemäss Abschnitt 12.3.6.3

Die Handhabung des Schlagschutzes bezüglich Fehlererkennung, Ausbesserung und Unterrostung ist noch nicht abschliessend geklärt.

~~11.3.1.3~~~~12.3.1.4~~ ~~12.3.1.3~~ **Radsatzwellen mit Beschichtung – Schutzklasse 2 und 3**

Radsatzwellen, die unter die Schutzklassen 2 und 3 fallen, werden grundsätzlich durch Farbbeschichtungen gegen Korrosion geschützt. Die Beschichtung ist nachgemäss den Angaben des Herstellers oder des Fahrzeughalters aufzubauen. Weitere Hinweise dazu finden sich im Abschnitt ~~12.3.6.2~~ 12.3.6.2.

Dies betrifft in erster Linie neu gefertigte Radsatzwellen oder Radsatzwellen, bei denen die gesamte Beschichtung erneuert wird. Hier muss ein komplett neuer Farbaufbau mit entsprechender Untergrundvorbereitung hergestellt werden.

~~11.3.1.4~~~~12.3.1.5~~ ~~12.3.1.4~~ **Radsatzwellen ohne Beschichtung – Schutzklasse 4**

Ausnahmen bei der Wellenbeschichtung bilden niedrig belastete Wellen, die aus Sicht der Werkstofffestigkeit die zulässigen Spannungen im Material nur zu maximal 60 % ausnutzen und der Schutzklasse 4 zugeordnet sind. Bei diesen Wellen ist ein Korrosionsschutz nicht erforderlich, allerdings ist hier der Grad der Rostbildung zu beurteilen.

Radsatzwellen ohne Beschichtung sind bei der Instandhaltung gemäss den gültigen Haltervorgaben zu kontrollieren. Auch nach Ausbesserungsarbeiten wird die Welle mit ungeschützten Oberflächen wieder dem Betrieb übergeben.

~~11.3.1.5~~~~12.3.1.6~~ ~~12.3.1.5~~ **Radsatzwellen mit Längsbohrung**

Bei Radsatzwellen mit Längsbohrung (Hohlwellen) muss unabhängig von der geforderten Schutzklasse die Bohrung zwingend gegen Korrosion geschützt werden. Das zu verwendende Korrosionsschutzmittel ist mit Rücksicht auf Ultraschallprüfungen durch die Bohrung zu wählen.

Es wird empfohlen, die Bohrung mit Schmieröl nachgemäss DIN 51501, Typ L-AN 150 oder z.B. Shell Tellus 86 zu konservieren. Dabei ist es ausreichend, wenn die Oberfläche der Bohrung vollständig mit dem Öl benetzt ist. Es darf zu keiner Bildung von Ölsammlungen in der Bohrung durch überschüssiges Öl kommen.

Bei der Neulieferung von Radsatzwellen oder der Lagerung von Radsätzen ohne Achslagergehäuse ist die Bohrung beidseitig korrosionssicher zu verschliessen.

Im eingebauten Zustand ist die Bohrung offen zu halten. Der Schutz vor äusseren Einflüssen wird dann durch das Radsatzlagergehäuse sichergestellt.

~~11.3.2~~~~12.3.2~~ ~~12.3.2~~ **Korrosionsschutz der Räder**

Der Beschichtungsaufbau bei Radscheiben erfolgt, sofern vorhanden, nachgemäss den Angaben des Herstellers oder nach den in Abschnitt ~~12.3.6.2~~ 12.3.6.2 angegebenen Beispielen.

Folgende Aussenflächen an den Rädern dürfen nicht beschichtet werden:

- Laufläche
- Radkranzstirnfläche
- Radkranzrückenseite

Nach dem Abschluss der Bearbeitung noch vorhandene Korrosionsschutzbeschichtungen auf diesen Aussenflächen sind vollständig zu entfernen. Sie dürfen lediglich leicht mit Korrosionsschutzöl eingeölt sein.

Die Beschichtung der Radnabenbohrung mit einem geeigneten Langzeitüberzug als Schutz während der Lagerung ist kein Korrosionsschutz im Sinne dieses Kapitels.

~~11.3.2.1~~ ~~12.3.2.1~~ ~~12.3.2.1~~ — Vollräder

Vollräder, die für den Einsatz mit Klotzbremsen vorgesehen sind, sind zumindest an der Aussenseite mit einem speziellen Farbanstrich gemäss Abschnitt ~~12.3.6.4~~ 12.3.6.4 zu versehen, der auf thermische Einflüsse kontrolliert reagiert. Damit ist sichergestellt, dass eine thermische Überlastung durch Klotzbremsen von aussen visuell klar erkennbar und eine grobe Beurteilung möglich ist. Die Innenseite kann gemäss Abschnitt ~~12.3.6.2~~ 12.3.6.2 beschichtet werden, sofern der Hersteller keine Angaben dazu macht.

~~11.3.2.2~~ ~~12.3.2.2~~ ~~12.3.2.2~~ — Radkörper

Radkörper in den Ausführungen als Vollmaterial und als Radsterne mit Speichen sind gemäss dem Vorgehen unter Abschnitt ~~12.3.6.2~~ 12.3.6.2 zu beschichten, sofern keine spezifischen Herstellerangaben vorhanden sind. Dabei ist zu beachten, dass die Funktionsflächen frei von Farbe bleiben und allenfalls mit einem geeigneten Überzug gegen Korrosion während der Lagerung geschützt werden.

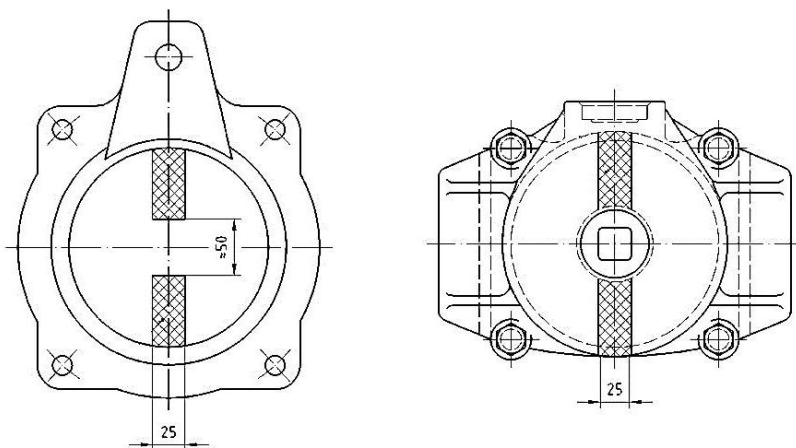
Radkörper sind mit Vorteil vor der Montage auf die Radsatzwelle und dem Aufziehen des Radreifens zumindest zu grundieren. Nach der erfolgten Montage auf die Radsatzwelle und der Montage von Radreifen und Sprengring muss die endgültige Beschichtung aufgetragen werden. Dabei kann auch der eingewalzte Sprengring und die freiliegenden Bohrungsflächen der Radreifen behandelt werden. Die unter Abschnitt ~~12.3.2~~ 12.3.2 genannten Flächen dürfen nicht beschichtet werden.

~~11.3.3~~ ~~12.3.3~~ ~~12.3.3~~ — Radsatzlagergehäuse

Radsatzlagergehäuse sind nach den Vorgaben des Lieferanten oder Fahrzeughalters zu beschichten. Wenn keine Unterlagen vorhanden sind, kann die Beschichtung gemäss Abschnitt ~~12.3.6.2~~ 12.3.6.2 ausgeführt werden. Die funktionalen Flächen sind nicht zu beschichten und temporär gegen Rost zu schützen. Die Beschichtung der Radsatzlagergehäuse wird mit Vorteil in demontiertem Zustand vorgenommen. Je nach Gehäusebauart muss sichergestellt werden, dass Wasserablauf- und Entlüftungsbohrungen zur Vermeidung von Wasseransammlungen nicht durch die Beschichtung verstopft werden. Bei der Farbwahl für die Radsatzlagergehäuse und Radsatzlagerdeckel ist darauf zu achten, dass diese nicht glänzend ist und dadurch die Heissläuferortungsanlagen irritiert.

Mindestens die Lagerdeckel von Güterwagen-Lagergehäusen sind mit thermosensiblen Anstrichsystemen gemäss Abschnitt ~~12.3.6.4~~ 12.3.6.4 zu beschichten.

Allfällige farbliche Kennzeichnungen auf den Gehäusen bzw. Lagerdeckeln, wie sie z.B. bei thermisch hoch belastbaren Vollrädern angebracht werden, sind dann aufzubringen, wenn die Zuordnung zum entsprechenden Radsatz eindeutig ist, entweder durch einen garantierten Materialfluss oder nach der Montage auf dem Radsatz.



~~Abb. 12.3.3-1:~~ Abbildung 12-5: Kennzeichnung thermisch hochbelastbarer Radsätze mit weissem, unterbrochenem Strich.

~~11.3.4~~ 12.3.4 ~~12.3.4~~ **Korrosionsschutz am kompletten Radsatz**

Unabhängig vom zeitlichen Vorgehen beim Aufbringen der Beschichtung während des Fertigungsprozesses muss der einbaufertige Radsatz fertig beschichtet und die aufgebrauchte Beschichtung ausreichend abgetrocknet sein, um beim Transport mit den vorgeschriebenen Mitteln keinen Schaden zu nehmen.

Es wird empfohlen, die durch Nabenüberstände am Radsitz entstandenen versteckten Mulden nach dem Beschichten auszufüllen, um die Fügstellen gegen aussen abzudichten. Dies kann z.B. mit Silikon ausgeführt werden.

~~11.3.5~~ 12.3.5 ~~12.3.5~~ **Untergrundvorbereitung**

Eine saubere Untergrundvorbereitung ist für einen guten Korrosionsschutz zwingend erforderlich. Ohne die saubere Durchführung der Reinigungsarbeiten kann kein guter Korrosionsschutz garantiert werden.

Es wird davon ausgegangen, dass die Komponenten des Radsatzes in demontiertem Zustand vorliegen. Ist der Radsatz in montiertem Zustand, so ist dem Schutz der nicht zu behandelnden Teile sowie den Bereichen der Pressverbindungen grosse Aufmerksamkeit zu schenken, um Schäden durch eindringendes Reinigungsmittel zu vermeiden.

~~11.3.5.1~~ ~~12.3.5.1~~ ~~12.3.5.1~~ Entfernen alter Beschichtungen

Zum Entfernen der alten Farbschichten sind folgende nicht abrasive Verfahren zugelassen, die eine unzulässige Schädigung der Welle vermeiden und die geforderte Oberflächengüte sicherstellen:

- Strahlen mit definiertem Strahlmittel
- Bürsten
- Hochdruckwasserstrahlen
- Beizverfahren

Der Untergrund soll nach der mechanischen Reinigung weitgehend staub- und schmutzfrei sein. Sofern keine Herstellerangaben vorhanden sind, werden folgende Oberflächengüten auch mit Rücksicht auf die Radsatzwellenbereiche gemäss ~~Abbildung 9-1~~ Abbildung 9-1 empfohlen:

(für die Farbhaftung optimal: $R_a = 4-10 \mu m$)

- Radsatzwelle, in Übergangsbögen: $R_a 0.8 - 1.6$
- Radsatzwellen, am Wellenschaft: $R_a 3.2 - 6.3$
- Radscheibe: $R_a 6.3$ bis $R_a 12.5$

Die weitere Reinigung und Beschichtung ~~muss~~ müssen so bald als möglich ausgeführt werden, um Rostbildung zu vermeiden.

Besteht keine Notwendigkeit, die bestehende Beschichtung vollständig zu entfernen, so sind die Flächen z.B. mittels Drahtbürste oder einem wirksamen maschinellen Verfahren von oberflächlich haftender Farbe oder Rost zu befreien. Es soll ein Normreinheitsgrad St 2 gemäss SN EN ISO 12944-4 bzw. SN EN ISO 8501-1 erreicht werden.

~~11.3.5.2~~ ~~12.3.5.2~~ ~~12.3.5.2~~ Reinigung und Vorbereitung zum Beschichten

Zur Reinigung und Entfettung werden in der Regel alkalische Reinigungs- und Neutralisationsmittel verwendet. Nähere Angaben dazu liefert in der Regel der Farbhersteller. Der Untergrund muss nach der Reinigung trocken sowie absolut fett-, schmutz- und silikonfrei sein. Die Beschichtung sollte direkt nach dem Trocknen und der Abkühlung der Radsatzwelle auf ca. 20 – 35 °C ausgeführt werden.

~~11.3.6~~ ~~12.3.6~~ ~~12.3.6~~ Beschichtungstypen

Je nach Anforderung an den Einsatz des Radsatzes oder den Vorgaben des Herstellers müssen verschiedene Beschichtungstypen zur Anwendung gebracht werden. Diese sind hier beispielhaft dargestellt. Die genannten Produkte stellen dabei nur einen willkürlichen Auszug aus der möglichen Palette der zur Verfügung stehenden Materialien dar, die endgültige Festlegung der zu verwendenden Materialien hat durch den Fahrzeughalter zu erfolgen.

~~12.3.6.1~~ ~~Temporärer Korrosionsschutz~~

~~Als temporärer Korrosionsschutz wird eine Beschichtung bearbeiteter Flächen mit einem Langzeitüberzug bezeichnet, die ein Anrosten während längerer Lagerzeiten verhindert. Diese Beschichtungen stellen keinen Korrosionsschutz zur Verwendung im Betrieb dar.~~

~~Folgende Produkte haben sich dabei bewährt (Aufzählung nicht abschliessend):~~

- ~~— Dinitrol 4941~~
- ~~— Tectyl 506 EH~~

~~Die Anwendung ist gemäss Herstellerangaben auszuführen.~~

~~11.3.6.1~~ **12.3.6.1** ~~12.3.6.2~~ **Ein- und Mehrschichtaufbau**

Der Farbaufbau besteht in der Regel aus einer Grundierung und einer Deckschicht, wobei die Beschichtungen und deren Dicken jeweils aufeinander abgestimmt werden müssen. Auch Einschichtbeschichtungen sind geläufig. In der Regel definiert der Radsatzhersteller oder der Fahrzeughalter den Aufbau der Beschichtung. Nachfolgend einige Beispiele:

Einschichtaufbau

- Eposist 2001, Firma Wilckens
- Thermalbond, Firma WHPC
- SikaCor 6630 high-solid, Firma Sika

Der Auftrag erfolgt vorzugsweise im Spritzverfahren, die Trockenschichtdicke muss mindestens 100 µm betragen. Einschichtaufbauten können auch aus mehreren nacheinander aufgetragenen Beschichtungslagen des gleichen Produkts bestehen, um die geforderte Trockenschichtdicke zu erreichen.

Mehrschichtaufbau

- Grundierung 1K-PVB-Primer (Polyvinylbutyral), Schichtdicke mindestens 40 µm, Decklack 1K-Copolymer, Schichtdicke mindestens 150 µm.
- Grundierung 2K-Epoxy Metallgrund, Schichtdicke mindestens 40 µm, Decklack 2K-Epoxy Dickschicht «elastifiziert», Schichtdicke mindestens 150 µm.
- Grundierung 2K-Epoxy Grundfarbe, Schichtdicke mind. 80 µm (zweimal je 40 µm), Decklack 2K-Polyurethan-Decklack, Schichtdicke mindestens 40 µm.

Die Beschichtungen können durch Streichen oder Spritzen aufgebracht werden. Es ist darauf zu achten, dass keine Läufe entstehen. Die vorgegebene Trocknungszeit der einzelnen Beschichtungen ist bei den geforderten Bedingungen einzuhalten. Bei forcierter Trocknung durch erhöhte Temperaturen sind unbedingt die Angaben des Herstellers zu beachten.

Die Gesamtschichtdicke sollte 500 µm nicht überschreiten. Die Qualität des Anstriches ist durch geeignete Prüf- und Kontrollmassnahmen sicher zu stellen.

~~11.3.6.2~~ **12.3.6.2** ~~12.3.6.3~~ **Beschichtung mit Schlagschutz**

Beschichtungen mit Schlagschutzeigenschaft sollen verhindern, dass die Radsatzwelle durch äussere Schlageinwirkung wie z.B. durch aufgewirbelten Schotter beschädigt wird. Diese Anwendung ist nur für Radsätze mit der Schutzklasse 1 für hohe Geschwindigkeiten gefordert und technisch noch nicht vollkommen ausgereift.

Zur Beschichtung ist z.B. folgender Aufbau möglich (nachgemäss Bochumer Verein):

Korrosionsschutz 1K-PVB-Primer, Schichtdicke 20 – 30 µm
 1K-Copolymer (WUS), Schichtdicke min. 150 µm

Schlagschutz 2K-PU (Terotex), Schichtdicke min. 6 mm

Zum Aufbau und der Materialwahl des Schlagschutzes sind unbedingt die Vorgaben des Herstellers einzuhalten.

~~11.3.6.3~~ ~~12.3.6.3~~ ~~12.3.6.4~~ — Thermosensible Beschichtung

Thermosensible Beschichtungen verändern ihre Eigenschaften in einem definierten Rahmen, wenn gewisse Temperaturen überschritten werden. Sie eignen sich dadurch zur Detektion von thermischer Überlastung von Bauteilen. Im Bereich Radsatz werden sie bei klotzgebremsten Vollrädern und zum Teil Radsatzlagerdeckeln im Bereich Güterwagen verwendet. Dadurch ist eine einfache visuelle Kontrolle allfälliger Schädigungen durch unzulässig hohe Erwärmung möglich. Folgende Produkte werden dazu empfohlen:

- SEB 9305, Firma Wilckens
- BD 18, Firma Novatic

Der Auftrag erfolgt vorzugsweise im Spritzverfahren, die Trockenschichtdicke muss mindestens 100 µm betragen. Weitere Produkte können durch den Radsatzhersteller oder Fahrzeughalter definiert werden.

~~11.3.6.4~~ ~~12.3.6.4~~ ~~12.3.6.5~~ — Beschichtung von Radsatzlagergehäusen

Bei der Beschichtung von Radsatzlagergehäusen wird empfohlen, Farben mit einer nach dem Trocknen matten Oberfläche zu verwenden. Die Farbgebung soll im Bereich Schwarz bis Dunkelgrau liegen.

Die Farbgebung an den Radsatzlagergehäusen **nachgemäss** diesen Empfehlungen dient dazu, die Heissläuferortungsanlagen nicht durch Reflexionen negativ zu beeinflussen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Norm SN EN 15437-1 (Abschnitt 5.5) hierzu ausdrücklich keine verbindliche Aussage macht. Obige Empfehlungen entsprechen den Betriebserfahrungen, die in der Schweiz gemacht worden sind.

~~11.3.7~~ ~~12.3.7~~ ~~12.3.7~~ — Ausbessern von Farbschäden an Radsätzen

Ist die Beschichtung der Welle oder der Radscheiben zu mehr als ca. 30 % der Fläche geschädigt, so ist der Radsatz auszubauen und die gesamte Beschichtung komplett entsprechen der jeweiligen Anforderung der Schutzklasse zu erneuern. Die Entfernung der alten Beschichtung kann gemäss Abschnitt ~~12.3.1~~ 12.3.1 ausgeführt werden.

Radsätze mit einem Schadensausmass kleiner 30 % können wie nachfolgend beschrieben auch in eingebautem Zustand behandelt werden.

Beschichtungen der Schutzklasse 1 sind gesondert entsprechend den Herstellervorschriften zu behandeln.

~~11.3.7.1~~ ~~12.3.7.1~~ ~~12.3.7.1~~ **Vorbereitungsarbeiten in eingebautem Zustand**

Angebaute Radsatzlager oder Getriebe sind bei der Entfernung der schadhaften Beschichtung ausreichend vor Verschmutzung zu schützen.

Die geschädigten Bereiche der Beschichtung müssen soweit entfernt werden, dass die Schadstelle nur noch von gut haftender Farbe umgeben ist. Zur Entfernung sind Drahtbürsten (auch maschinell angetrieben) mit Stahlborsten oder Schaber, deren Messer nicht aus Stahl oder Hartmetall ist, zu verwenden, damit die Bauteiloberfläche nicht mechanisch beschädigt wird. Die Übergänge zu der gut haftenden Farbe sind mit Schmirgelpapier Körnung 80 oder feiner so anzuschleifen, dass kein kantiger Absatz mehr vorhanden ist.

Von der Oberfläche der anderen Bereiche sind loser Rost, lose Beschichtungen und andere lose artfremde Verunreinigungen zu entfernen. Der Bereich der auszubessernden Beschichtung muss so bearbeitet sein, dass er einen metallisch sauberen Glanz ohne Rostspuren aufweist.

Der auszubessernde Bereich muss mit einem Schnell- oder Bremsenreiniger unter Verwendung eines sauberen Papiertuchs entfettet werden. Es ist darauf zu achten, dass dabei kein neuer Schmutzeintrag von den Rändern der Schadensstelle erfolgt. Bei der Verwendung von Schutzhandschuhen ist darauf zu achten, dass diese sauber sind. Es sollten mit Vorteil Einweghandschuhe verwendet und die gesäuberte Stelle nicht mit den blossen Händen berührt werden.

~~11.3.7.2~~ ~~12.3.7.2~~ ~~12.3.7.2~~ **Beschichten im eingebauten Zustand**

Zum Auftragen der ausgewählten Beschichtung muss der Radsatz oder zumindest der auszubessernde Bereich die vom Farbhersteller angegebene Mindesttemperatur aufweisen. Die zu beschichtende Oberfläche muss trocken sein, eine Taubildung durch grosse Temperaturunterschiede ist nicht zulässig.

Die Ausbesserung des Korrosionsschutzes hat mit dem vom Fahrzeughalter angegebenen Anstrichstoff zu erfolgen, bei der Verarbeitung sind stets die Angaben des Herstellers zu beachten.

Die Beschichtung wird in der Regel durch Streichen mit einem Flachpinsel aufgetragen. Dies hat bei der Radsatzwelle stets in Längsrichtung zu erfolgen. Zum Erreichen einer ausreichenden Trockenschichtdicke muss die Beschichtung in der Regel zweimal aufgetragen werden. Dabei sind die Zwischentrocknungszeiten gemäss Herstellerangaben zu beachten.

Die Beschichtung muss mindestens staubtrocken sein, wenn der Radsatz wieder in den Betrieb gegeben wird.

12.4 13—Temporärer Korrosionsschutz bei der Lagerung

Als temporärer Korrosionsschutz wird eine Beschichtung bearbeiteter Flächen mit einem Überzug bezeichnet, die ein Anrosten während der Lagerzeit verhindern. Diese Beschichtungen stellen keinen Korrosionsschutz zur Verwendung im Betrieb dar.

Beim temporären Korrosionsschutz ist zwischen den Lagerfristen zu unterscheiden, in denen das Bauteil zu schützen ist. Als kurzfristige Lagerung wird eine Zwischenlagerung eines Bauteils definiert, dass innerhalb 48 Stunden weiterbearbeitet wird. Wird diese Zeitfrist überschritten, wird dies als langfristige Lagerung bezeichnet.

Entsprechend der Lagerfristen wird ebenso zwischen kurzfristigem und längerfristigem Korrosionsschutz unterschieden.

12.4.1 Kurzfristiger Korrosionsschutz

Ein kurzfristiger Korrosionsschutz bedingt unabhängig vom verwendeten Korrosionsschutzmittel eine Lagerung in trockenen und temperierten Räumen und einen Schutz vor Nässe beim Transport. Als Korrosionsschutzmittel können je nach Anwendungsfall und Situation dienen:

- Reste des Kühlschmierstoffs aus der vorhergehenden Bearbeitung
- Korrosionsschutzöl

Schutzkappen oder geeignete Abdeckungen. Der kurzfristige Korrosionsschutz ist bei unlackierten, bearbeiteten Flächen anzuwenden. Davon ausgenommen ist der Radkranz, er muss nicht geschützt werden.

12.4.2 Längerfristiger Korrosionsschutz

Ein langfristiger Korrosionsschutz bedingt unabhängig vom verwendeten Korrosionsschutzmittel eine trockene Lagerung. Grundsätzlich sind die Bauteile auch beim Transport vor Nässe zu schützen, in Ausnahmefällen kann bei kurzen, werksinternen Transporten darauf verzichtet werden.

Radscheibe

Farbfreie Bereiche sind gegen Korrosion zu schützen:

- Nabenbohrung vorgebohrt: leicht eingeölt
- Nabenbohrung fertig gebohrt: geschützt mit ²⁾, gegebenenfalls beidseitig korrosions-sicher verschlossen
- Ölabpressbohrung leicht eingeölt, Gewindeseite mit Schutzkappe verschlossen
- Montageflächen für Radbremsscheiben und Mitnehmern: geschützt mit ^{*)}
- Reibflächen der Scheibenbremse: leicht eingeölt
- Radkranz: leicht eingeölt

Radsatzwelle, Schmiederohling

2) Als gängige Korrosionsschutzmittel für diese Bereiche haben sich folgende Produkte in der Praxis bewährt:

- Tectyl 846-K-19
- Tectyl 506EH
- Maxolen 41 Corr Protect

Andere Korrosionsschutzmittel können verwendet werden, wenn sie mindestens gleichwertige Eigenschaften wie die vorstehend genannten Produkte in Bezug auf Schutz des Materials und Handhabbarkeit aufweisen.

- an den Aussenflächen kein Korrosionsschutz, auch wenn vorgedreht
- wenn vorhanden Hohlbohrung durch Schmieröl gemäss DIN 51501, Typ AN 150, geschützt und beidseitig korrosionssicher verschlossen

Radsatzwelle, teilbearbeitet oder einbaufertig

- Farbfreie Bereiche geschützt mit ²⁾
- stirnseitige Gewindebohrungen gegen Korrosion geschützt
- wenn vorhanden Hohlbohrung durch Schmieröl gemäss DIN 51501, Typ AN 150, geschützt und beidseitig korrosionssicher verschlossen

Wellenbremsscheibe

- Nabenbohrung geschützt mit ²⁾
- Ölabpressbohrung leicht eingeölt, Gewindeseite mit Schutzkappe verschlossen
- Reibflächen der Scheibenbremse: leicht eingeölt

Entwurf

1213 Transport und Lagerung von Radsätzen und Bauteilen

12.113.1 13.1 Lagerung

Von einer Lagerung von Radsätzen oder ihrer Bauteile spricht man, wenn diese länger als drei Tage nicht bewegt werden. Davor spricht man von Zwischenlagern. Die Vorschriften für das Zwischenlagern finden sich in Abschnitt ~~13.3~~ 13.3.

Die Lagerung von Radsätzen hat mit Sorgfalt zu erfolgen. Es darf keine Beschädigung am Radsatz und am Farbanstrich entstehen.

Radsätze und ihre Bauteile sind immer auf festem, ebenem Untergrund zu lagern, so dass es zu keinem Kippen, Absinken oder Wegrollen kommen kann.

Prinzipiell müssen bei allen gelagerten Teilen blanke Metallflächen vor Korrosion (Ausgenommen Flächen des Radkranzes und der Bremsscheiben) geschützt werden.

Radsätze mit fertig montierten Radsatzlagern inklusive Gehäuse dürfen der freien Witterung ausgesetzt werden, sofern das Dichtsystem genügend gegen das Eindringen von Feuchtigkeit schützt (z.B. Filzringdichtung oder befettete Labyrinthdichtung).

Sie dürfen aber höchstens drei Tage mit Schnee bedeckt sein. Regenwasser muss abfließen können (Radsätze dürfen nicht in Pfützen stehen). Auf den Radsätzen darf es zu keiner Ansammlung von Laub oder Ästen kommen.

Radsätze mit teilmontiertem Radsatzlager (z.B. Radsatz mit montiertem Kartuschenlager, aber ohne Radsatzlagergehäuse) dürfen nicht der freien Witterung ausgesetzt werden.

Werden Radsätze in geschlossenen Räumen gelagert, ~~darf die Luftfeuchtigkeit 60 % nicht überschreiten~~ soll sichergestellt werden, dass der Taupunkt nicht unterschritten wird.

Jeder Radsatz oder jedes Bauteil eines Radsatzes muss, nachdem es dem Lager entnommen wurde, einer minimalen visuellen Kontrolle auf Beschädigungen und Allgemeinzustand genügen.

Die maximale Lagerdauer endmontierter Radsätze beträgt 2 Jahre, anschliessend ist der Radsatz, abhängig von der Wellenoberfläche, mindestens einer Lageraufarbeitung zu unterziehen, um eine korrekte Befettung sicher zu stellen.

12.1.113.1.1 13.1.1 Lagerung von Radsatzwellen

Radsatzwellen sind so zu lagern, dass keine Eindrücke oder andere mechanische Beschädigungen an ihnen entstehen. Fertig bearbeitete und lackierte Radsatzwellen sind so zu lagern, dass die Lackierung nicht beschädigt wird. Fertig bearbeitete Flächen sind gegen Korrosion zu schützen.

Sollen mehrere Lagen Radsatzwellen ~~übereinander gestapelt~~ übereinandergestapelt werden, ist eine entsprechend tragfähige und weiche Zwischenlagen einzusetzen.

Die Radsatzwellen dürfen sich bei der Lagerung einander nicht berühren und müssen grossflächig aufliegen, um zu verhindern, dass Eindrücke entstehen.

Hierbei ist das Gewicht der oberen Lagen zu beachten!



Abb. 13.1.1-1 und 13.1.1-2: Lagerung von Radsatzwellen im Innenbereich.

13.1.2 ———— Abbildung 13-1: Lagerung von Radsatzwellen im Innenbereich

12.1.213.1.2 Lagerung von (Wagen)radsätzen

Die Lagerung von Wagenradsätzen hat so zu erfolgen, dass es zu keinerlei Beschädigung der Bauteile (Abdrücke, Kerben, etc.) oder der Lackierung kommen kann. Die Lagerung der Radsätze hat auf den Laufflächen zu erfolgen. Eine Lagerung auf dem Spurkranz ist zulässig, wenn sichergestellt ist, dass dieser in einem Holzuntergestell oder Kunststoffuntergestell steht.

Es darf zu keinen Berührungen von Radsätzen kommen:

- im Bereich Radsatzlager und Spurkranz-
- im Bereich Spurkranz und Radsatzwelle-
- im Bereich der Laufflächen

Lauf-radsätze dürfen unter Berücksichtigung der vorstehenden Bedingungen und entsprechenden Vorkehrungen zur Standsicherheit und Gesamtbelastung auch gestapelt gelagert werden.

Beim Lagern von Radsätzen sind unlackierte Flächen (ausser Flächen am Radkranz und Bremsscheiben) vor Korrosion und Umwelteinflüssen zu schützen. Dies gilt insbesondere für die Lagersitze, wenn die Radsätze ohne Radsatzlager gelagert werden.



Abb. 13.1.2-1: Abbildung 13-2: Lagerung von Radsätzen im Aussenbereich-

~~12.1.2.1~~ ~~13.1.2.1~~ ~~13.1.2.1~~ Schäden bei der Lagerung

Treten Schäden bei der Lagerung an einem Radsatz oder einem Radsatzbauteil auf, muss dieser oder dieses unverzüglich eindeutig als «gesperrt» markiert werden. Der Radsatz ist dem Fahrzeughalter mit der zwingenden Angabe der Radsatznummer und der Schadensursache zu melden.

Die Meldepflicht ist für jede Person verbindlich, die Schäden an Radsätzen oder Radsatzbauteilen verursacht oder feststellt.



Abb. 13.1.2-2: Abbildung 13-3: Schäden an der Radsatzwelle durch falsche Lagerung:

~~12.1.3~~ ~~13.1.3~~ ~~13.1.3~~ Lagerung von Radscheiben

Radscheiben sind so zu lagern, dass keine Eindrücke oder andere mechanischen Beschädigungen an ihnen entstehen.

Fertig bearbeitete und lackierte ~~Radsscheiben~~ Radscheiben sind so zu lagern, dass die Lackierung nicht beschädigt wird. Fertig bearbeitete Flächen (ausser Flächen am Radkranz und Bremsscheiben) sind gegen Korrosion zu schützen.

Die Radscheiben werden in einer Linie übereinander gelagert, ohne dass diese sich direkt berühren dürfen. Sie sind über die Radkränze zu stützen. Es ist eine entsprechend tragfähige und weiche Zwischenlage einzusetzen. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass die Radscheiben grossflächig aufliegen, um Eindrücke zu vermeiden (**Gewicht der oberen Lagen beachten!**). Paletten mit Radscheiben dürfen sich nicht auf mehreren Radscheibenstapeln abstützen.

Die vertikale Lagerung der Radscheiben in dafür vorgesehenen Spezialgestellen ist der horizontalen Lagerung aus Gründen der Handhabbarkeit und Arbeitssicherheit vorzuziehen (siehe ~~Abb. 13.1.3-2~~ Abbildung 13-5).



~~Abb. 13.1.3 1: —Abbildung 13-4:~~
Lagerung von Radscheiben horizontal ohne Witterschutz-



~~Abb. 13.1.3 2: —Abbildung 13-5:~~
Lagerung von Radscheiben vertikal in Spezialgestellen-



Abbildung 13-6: Horizontale Lagerung von Radscheiben an witterungsgeschütztem Abstellort

Die maximale Stapelhöhe bei horizontaler Lagerung beträgt 84 Radscheiben

Bei der senkrechten Lagerung von Radscheiben ist darauf zu achten, dass diese nicht ~~aneinander schlagen~~aneinanderschlagen oder sich verschieben bzw. wegrollen können.

Werden die Radscheiben horizontal im Freien gelagert, ist zu verhindern, dass sich im Radkörper Ansammlungen von Wasser, Schmutz, Schnee oder Eis bilden. Ansammlungen von Laub oder Ästen sind zu verhindern (Anordnung gemäss ~~Abb. 13.1.3 1~~Abbildung 13-4 bietet hierzu im ungedeckten Bereich nicht genügend Schutz).

~~12.2~~13.2 ~~13.2~~ Transport von Radsätzen

~~12.2.1~~13.2.1 ~~13.2.1~~ Wichtige Hinweise

Beim Transport von Radsätzen und deren Bauteilen ist grundsätzlich mit grosser Sorgfalt vorzugehen.

Bei so hochbeanspruchten und sicherheitsrelevanten Bauteilen wie Radsätzen können auch kleinste Beschädigungen (Schlagschäden durch Umkippen oder Herunterfallen sowie durch mangelhafte Hebe- und Sicherungseinrichtungen) zu Rissen führen, die zum Ausfall des Bauteiles führen können.

Meldepflicht:

Wenn ein oder mehrere Radsätze oder Bauteile von Radsätzen durch den Transport oder beim Zwischenlagern beschädigt wurden, muss der Radsatz eindeutig als gesperrt gekennzeichnet werden. Der Radsatz muss der entsprechenden Stelle (Fahrzeughalter, siehe oben) mit der zwingenden Meldung der Radsatznummer und der Schadensursache zur Kontrolle zurückgeschoben werden.

Die entsprechenden Massnahmen ~~sind nachgemäss~~ den Anweisungen des Fahrzeughalters sind zu befolgen.

Die Meldepflicht ist auch dann einzuhalten, wenn beschädigte Radsätze vorgefunden werden, oder unsachgemässe Behandlung von Radsätzen festgestellt wird.

12.2.2 13.2.2 **Kontrollen**

Bei jeder Anlieferung von Radsätzen müssen diese zur eigenen Sicherheit vor dem Entlad einer minimalen visuellen Kontrolle unterzogen werden.

Diese visuelle Kontrolle beinhaltet:

- Überprüfung der richtigen Lieferung in Bezug auf:
 - Lieferort
 - Radsatztyp oder Artikel
 - Anzahl
 - Kontrolle des Transportes auf korrekte Verladung
- Kontrolle des allgemeinen Zustandes wie:
 - Farbanstrich
 - Verschmutzungen
 - Beschädigungen

Bei groben Mängeln sind vor dem Abladen mit dem Lieferanten die weiteren Massnahmen zu vereinbaren. Hierbei ist eine Fotodokumentation zu erstellen.

Im Zweifelsfalle ist eine Fachperson beizuziehen.

Grundsatz:

Die Ware darf erst abgeladen und ~~entgegen genommen~~entgegengenommen werden, wenn die Lieferung den Angaben auf dem Lieferschein und der Lieferqualität entspricht.

Bei Schäden kann Regress geltend gemacht werden.

~~12.2.3~~ 13.2.3 ~~13.2.3~~ Transporteinrichtungen für Radsätze (mit Transportgeräten)

Grundsätzlich

Der Radsatz darf sich beim Transport nicht drehen oder verschieben.

Es dürfen keine Beschädigungen in mechanischer Form oder am Oberflächenschutz (Farbe) entstehen.

Entwurf

Transport mit Stapler

Es gibt verschiedene Einrichtungen, die zum Transportieren von Radsätzen geeignet sind und eingesetzt werden können.



Beispiel 1:

Transporteinrichtungen auf der Gabel vom Stapler sind erlaubt, wenn sie keine Beschädigungen an der Welle verursachen können (Holz-, Kunststoff- oder organische Auflage).

Beispiel 2:

Die Radsätze müssen in Fahrtrichtung geführt sein.

Sie dürfen sich während der Fahrt nicht drehen oder in Fahrtrichtung verschieben können.

Beispiel 3:

Falls es der Stapler erlaubt, dürfen mehrere Radsätze miteinander transportiert werden, jedoch dürfen sich die Radsätze während des Transportes nicht berühren.

~~Abb. 13.2.3-1 bis Abb. 13.2.3-3:~~ Abbildung 13-7: Transporteinrichtungen zum Transport von Radsätzen mit Gabelstapler.

Beschädigte oder defekte Transportvorrichtungen dürfen nicht mehr verwendet werden. Sie müssen vor Gebrauch ~~instand gesetzt~~ instandgesetzt werden.

12.2.4 13.2.4 13.2.4 Hebeeinrichtungen für Radsätze (mit Kranen)

Die Haken, mit denen die Radsätze transportiert werden, müssen mit einer Schutzschicht versehen sein. Diese Schutzschicht hat die Aufgabe, den Radsatz vor Farb- und mechanischen Schäden zu schützen.

Es dürfen beim Transport des Radsatzes keine Beschädigungen auf der Oberfläche der Radsatzwelle oder der Radscheiben entstehen.

Schutzschicht:

Diese kann bestehen aus:

- Holz
- Kunststoff
- Gummi
- Leder
- Textilfasern
- Organische Stoffe

und muss entsprechend nachgiebig und tragfähig sein.

Es besteht auch die Möglichkeit, den Radsatz an den Radscheiben zu heben, dazu muss jedoch sichergestellt sein, dass keine Oberflächenbeschädigungen an den Kontaktstellen zwischen Hebebalken und Radscheibe entstehen können. Zudem muss sichergestellt werden, dass der Radsatz nicht aus dem Hebemittel rutschen kann.



Abb. 13.2.4 1 und 13.2.4 2: Hebevorrichtungen für Radsätze.

Abbildung 13-8: Hebevorrichtungen für Radsätze

Beschädigte oder defekte Hebevorrichtungen dürfen nicht mehr verwendet werden. Sie müssen vor Gebrauch instand gesetzt werden.

Entwurf

~~12.2.5~~ ~~13.2.5~~ 13.2.5 Transporteinrichtungen auf Fahrzeugen

~~12.2.5.1~~ ~~13.2.5.1~~ 13.2.5.1 Transport auf Eisenbahnwagen

Es muss eine geeignete Einrichtung vorhanden sein, die sicherstellt, dass sich die Radsätze beim normalen Transport nicht berühren und nicht beschädigt werden.



Beispiel 1:

Fahrzeuge mit fest aufgebauten Transporteinrichtungen, zum Transport quer zur Fahrrichtung.

Die Radsätze werden auf der Lauffläche oder am Spurkranz aufgelegt und festgehalten. Die Radsätze dürfen sich beim Transport nicht bewegen (kein Schaukeln), und müssen gegen Verschieben gesichert sein.

~~Abb. 13.2.5 1: Fahrzeuge mit fest aufgebauter Radsatztransporteinrichtung, zum Transport quer zur Fahrrichtung.~~

Abbildung 13-9: Fahrzeuge mit fest aufgebauter Radsatztransporteinrichtung, zum Transport quer zur Fahrrichtung.



Beispiel 2:

Fahrzeuge mit fest aufgebauten Transporteinrichtungen, zum Transport längs zur Fahrrichtung.

Die Radsätze werden auf der Lauffläche oder am Spurkranz aufgelegt und festgehalten. Die Radsätze dürfen sich beim Transport nicht bewegen (kein Schaukeln), und müssen gegen Verschieben gesichert sein.

~~Abb. 13.2.5 2: Fahrzeuge mit fest aufgebauter Radsatztransporteinrichtung, zum Transport längs zur Fahrrichtung.~~



Beispiel 3:

International zugelassene Holzpaletten, auf denen die Radsätze abgestellt werden können.

Die Dimensionierung der Paletten ist so zu wählen, dass der Spurkranz nicht auf dem Boden aufstehen kann.

Abbildung 13-10: Fahrzeuge mit fest aufgebauter Radsatztransporteinrichtung, zum Transport längs zur Fahrtrichtung.



Beispiel 3

International zugelassene Holzpaletten, auf denen die Radsätze abgestellt werden können.

Die Dimensionierung der Paletten ist so zu wählen, dass der Spurkranz nicht auf dem Boden aufstehen kann.



Beim Transport von Radsätzen mit Holzpaletten auf Eisenbahnwagen sind folgende Punkte zu beachten:

- Pro Radsatz müssen zwei Holzpaletten verwendet werden.
- Die Radsätze sind längs zur Fahrtrichtung zu Verladen und dürfen einander nicht berühren.
- Die Radsätze brauchen nicht weiter befestigt zu werden.

Abb. 13.2.5 3 und 13.2.5 4: Holzpaletten für Radsätze zum Transport längs zur Fahrtrichtung.

13.2.5.2 ———— Abbildung 13-11: Holzpaletten für Radsätze zum Transport längs zur Fahrtrichtung

12.2.5.2/13.2.5.2 **Transport auf dem LKW**

Wenn die Radsätze auf dem LKW transportiert werden, muss eine geeignete Einrichtung vorhanden sein, die sicherstellt, dass sich beim Transport die Radsätze nicht berühren und beschädigt werden können.

Radsätze dürfen sich während dem Transport nicht verschieben können und müssen festgezurt sein.

Um die Radsätze zu befestigen, können Spanngurte oder andere Einrichtungen eingesetzt werden, welche auf der Lauffläche, den Wellenbremsscheiben oder am Radsatzlagergehäuse anliegen, sodass die Radsätze nicht beschädigt werden.

Können die Radsätze z.B. wegen ungünstiger Verteilung der Befestigungspunkte auf der Ladefläche nicht wie vorgegeben gesichert werden, ist ein Abspannen über die Radsatzwellen mit Spanngurten zulässig. Dies jedoch nur unter der Voraussetzung, dass die Radsatzwelle für den Transport mit entsprechenden Schutzeinrichtungen versehen ist, die keine Lackschäden und Eindrückungen durch die Spanngurte hinterlassen.

Eine Transportvariante, bei der Bauteile des Radsatzes beschädigt werden, ist nicht zulässig.



~~Abb. 13.2.5-5:~~ Abbildung 13_12: Transport von Radsätzen auf LKW

Für Transporte auf LKW sind zusätzlich die allgemein geltenden Transportvorschriften für den Strassenverkehr einzuhalten.

Entwurf



~~12.3~~13.3 ~~13.3~~ Zwischenlagerung von Radsätzen

Für die Zwischenlagerung gelten die gleichen Kriterien wie für die Lagerung gemäss Abschnitt ~~13.1~~13.1.

Folgende Ausnahmen für die Zwischenlagerung sind gestattet:



Fester Untergrund:

Kurzzeitig (maximal 1 Tag) dürfen Radsätze auf dem Spurkranz bei geradem und flachem Boden aus Beton- oder Teerbelag abgestellt werden. Die Radsätze sind dabei vorsichtig abzustellen.

Es muss sichergestellt werden, dass sie nicht wegrollen können und der Spurkranz nicht beschädigt wird.

Der Radsatz kann auch mit dem Spurkranz auf einem elastischen, jedoch festen Boden (z.B. Holz oder Kunststoff) abgestellt werden, und gerollt werden.

~~Abb. 13.3-1: Abbildung 13-13: Zwischenlagerung von Radsätzen auf festem Untergrund.~~



Im Freien:

Bei der Zwischenlagerung von teilmontierten Radsätzen oder deren Bauteilen im Freien ist zu beachten, dass die Bauteile vor Nässe, Schmutz, Korrosion und anderen Einflüssen geschützt werden müssen.

~~Abb. 13.3-2: Abbildung 13-14: Zwischenlagerung von Radsätzen im Freien mit Schutzabdeckungen der Montageflächen.~~



Loser Untergrund:

Radsätze dürfen nicht auf losem Untergrund (Rasen, Erde, Kies, etc.) oder kantigem Untergrund (z.B. Schotter) abgestellt werden.

~~Abb. 13.3-3: Zwischenlagerung von Radsätzen auf losem Untergrund ist verboten.~~

~~13.4~~ ~~Abbildung 13-15: Zwischenlagerung von Radsätzen auf losem Untergrund ist verboten~~

12.4.13.4 Transporteinrichtungen für Radsatzkomponenten

12.4.113.4.1 ~~13.4.1~~ Transport und Zwischenlagerung von Radsatzwellen:

Radsatzwellen sind durch geeignete Einrichtungen zu transportieren und zu deponieren. Es dürfen keine Oberflächenschäden entstehen.

Für die Zwischenlagerung dürfen diese auch gestapelt werden.

Zum Stapeln müssen grossflächige Auflagen auf den Wellen sichergestellt werden, damit bei der Oberflächenbeschichtung oder an der Wellenoberfläche keine Beschädigungen entstehen. Es gelten die Vorgaben zur Lagerung von Radsatzwellen aus Abschnitt ~~13.1.1~~.13.1.1.

12.4.213.4.2 ~~13.4.2~~ Transport und Zwischenlagerung von Radscheiben:

Radscheiben dürfen nicht lose transportiert werden. Es muss sichergestellt werden, dass diese sich beim Transport nicht verschieben können.

Zwischenlagerung

Die Zwischenlagerung von Radscheiben kann waagrecht oder senkrecht erfolgen. Wenn fertig bearbeitete Funktionsflächen (z.B. Radnabenbohrung, Bohrungen und Passflächen für die Aufnahme von Antriebs- oder Bremsbauteilen) gegen Korrosion geschützt sind, kann eine Zwischenlagerung auch im Freien erfolgen.

Wenn Radscheiben länger als 3 Tage im Freien gelagert werden, entspricht dies nicht mehr einer Zwischenlagerung. In diesem Fall müssen die Radscheiben durch eine geeignete Vorrichtung (z.B. Dach, Plane) gegen Umwelteinflüsse geschützt werden.

Wasserlachen, Schnee, Laub oder dergleichen müssen vor dem Einlagern entfernt werden.

Räder können auch aufrecht gelagert und transportiert werden. Die Transporteinrichtung muss dabei sicherstellen, dass die Radscheiben nicht ~~aneinander schlagen~~aneinander schlagen oder sich verschieben können. Es gelten die Vorgaben zur Lagerung von Radscheiben aus Abschnitt ~~13.1.3~~.13.1.3.

~~13.14~~ **14 Radprofil-Radsatz-Messmittel / Messmethoden**

Zur messtechnischen Erfassung der Istzustände an Radsätzen – und hierbei insbesondere des Radprofils – werden verschiedenartige Gerätschaften angeboten. Es ist dem messenden Unternehmen weitgehend freigestellt, mit welcher Messmethode gemessen wird, ~~so lange~~ **solange** die geforderte Messgenauigkeit eingehalten wird. Die verwendeten Messmittel sind dabei zwingend einer systematisch geführten Messmittelüberwachung zu unterwerfen.

Es ist zu beachten, dass die angebotenen Systeme unterschiedliche Voraussetzungen an den Platzbedarf und den zeitlichen Messaufwand stellen sowie unterschiedlich fehler-tolerant bei nicht korrekter Anwendung sind.

Die Abkürzungen der Messgrößen und die zeichnerische Darstellung der Messorte sind in Abschnitt ~~6.36.3~~ dargestellt.

~~13.14.1~~ **14.1 Messen von geometrischen und physikalischen Messgrößen am Radsatz**

In der Regel werden am Radsatz während der Fertigung und der Instandhaltung verschiedene geometrische und physikalische Messgrößen gemessen und erfasst. Die Datenerfassung dient einerseits des Qualitätsnachweises bei der Herstellung oder schweren Instandhaltung und andererseits der Gewährleistung der Betriebssicherheit im Einsatz. Der Umfang und die Art der zu erfassenden Masse ist auf die Zeitintervalle und Tätigkeiten abgestimmt und in den Kapiteln ~~88~~ bis ~~10~~ **10** definiert. Die dazugehörigen Ist- und Grenzmasse finden sich im Abschnitt ~~6.6.6.6~~ **6.6.6**, sofern nicht anderweitig bereits vorgegeben.

Bei der Auswahl der Messmethoden ist zu beachten, dass es je nach vorgesehenem Einsatz mehr oder weniger geeignete Methoden gibt. Viele der heute noch im Einsatz befindlichen mechanischen Messgeräte werden vermutlich stark an Bedeutung verlieren, da neuere elektronische Geräte bei wesentlich kürzerer Messzeit und grösserer Flexibilität eine deutliche Verbesserung der Datensicherheit in Bezug auf korrekter Übermittlung mit sich bringen. Aktuelle Forderungen nach elektronischen Datenablatesystemen und hoher Prozesssicherheit können zum Teil nur mit diesen neuartigen Geräten erfüllt werden.

Dies soll allerdings nicht dazu verleiten, die Messmethoden und deren Unsicherheit bei der Ergebnisermittlung zu vernachlässigen. Auch hochmoderne elektronische Geräte können falsch messen, einerseits auf Grund der Messmethode oder unzureichend gut definierter Messvorgaben und andererseits wegen unsachgemässer Bedienung. Gerade darum ist es wichtig, dass die Messungen – sofern sie nicht vollautomatisch erfolgen – immer von geübten Personen ausgeführt und die Messergebnisse einer Plausibilitätskontrolle unterzogen werden.

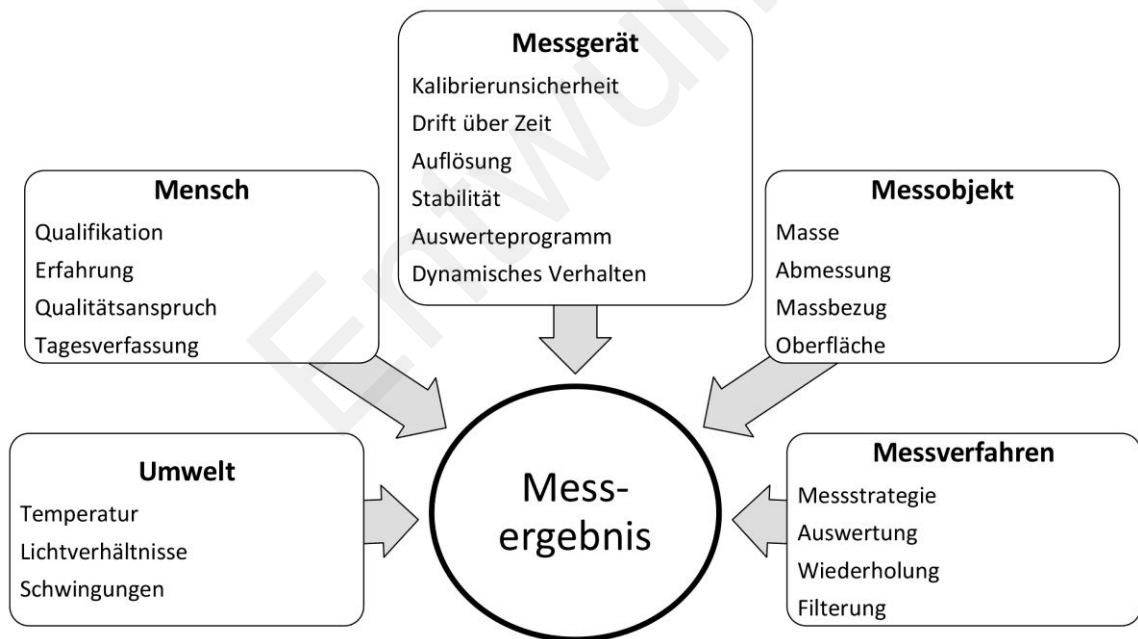
Folgende geometrische Messwerte werden in der Regel am Radsatz erfasst:

- Radprofil mit
 - Spurkranzdicke S_d [mm]
 - Spurkranzhöhe S_h [mm]
 - Flankensteilheit q_R [-]
 - Radkranzbreite B_R [mm]
 - Auswalzung a [mm]
 - Hohllauf h [mm]
 - Gesamtes Radprofil als Formabweichung vom Sollzustand [mm]

- Gesamtes Radprofil als Polygonzug zur Verschleissdokumentation [-]
- Radsatz mit
 - Radrückenabstand A_R [mm]
 - Spurmass S_R [mm]
 - Raddurchmesser D [mm]
 - Radreifendicke b [mm] bei Rädern mit Radreifen
 - Hohllauf bei Bremsscheiben [mm]
 - Rundlauf H [mm]
 - Planlauf G [mm]
- Unwucht U [gm], dynamisch oder statisch
- Elektrischer Widerstand R [mΩ]
- Gewicht m [kg]
- Restdicke bei Bremsscheiben [mm]

13.1.1 14.1.1 Die Messunsicherheit

Eine Messung wird bei der Ermittlung des Messergebnisses von sehr vielen verschiedenartigen Faktoren beeinflusst, durch die eine Messunsicherheit entsteht. Die generellen Einflussgrößen sind in [Abb. 14.1.1-1](#) [Abbildung 14-1](#) dargestellt.



[Abb. 14.1.1-1](#): [Abbildung 14-1](#): Einflussgrößen auf das Messergebnis (nicht abschliessend)

Jeder Messgrösse haftet eine Messabweichung E an (früher auch Messfehler genannt), die die Abweichung des Messwertes vom wahren Wert darstellt. Da der wahre Wert selten wirklich ermittelt werden kann ist in der Regel auch die Messabweichung E unbekannt. Diesem Umstand begegnet man mit einer Schätzung eines wahrscheinlichen Intervalls, innerhalb dessen der wahre Wert liegt. Dieses Intervall wird als Messunsicherheit bezeichnet.

Um die vorgegebene Messaufgabe bewältigen zu können müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Der Messbereich des Messgerätes muss der Messaufgabe angemessen sein.
- Die Auflösung des Messmittels sollte kleiner oder gleich 5 % der zu prüfenden Spezifikation sein (z.B. Toleranzangabe).

- Die erweiterte Messunsicherheit (Erweiterungsfaktor $k = 2$) sollte kleiner oder gleich 15 % der zu prüfenden Spezifikation sein (z.B. Toleranzangabe).

In begründeten Ausnahmefällen dürfen andere Grenzwerte für die Messunsicherheit bzw. andere Werte für den Erweiterungsfaktor k festgelegt werden. Dies ist zu dokumentieren.

Unter diese Forderungen fallen nachgemäss DIN 27201-9 auch Messgeräte für die Erfassung geometrischer Masse am Radsatz.

Um die Messunsicherheit in einen für die ausgeführte Messung vertretbaren Rahmen zu bringen ist es notwendig, neben dem möglichen Ausschluss der oben dargestellten Störfaktoren die Genauigkeit der Messwerterfassung anzupassen, d.h. in der Regel mit einer grösseren Messgenauigkeit zu arbeiten. Gemäss oben angegebenen Kriterien bedeutet dies:

$$U \leq 0.15 \cdot T$$

Formel 44-1:14-1: Berechnung der Messunsicherheit U .

$$A \leq 0.05 \cdot T$$

Formel 44-2:14-2: Berechnung der Auflösung A .

Die nachfolgende Tabelle stellt die Auswirkungen dieser Forderungen auf rein informatorischer Basis exemplarisch dar.

Messgrösse	Masstoleranz $T^a)$	Geforderte <u>Messunsicherheit</u> <u>Messunsicherheit</u> U	Geforderte Auflösung des Messmittels
Radrückenabstand A_R	± 1.0 mm	± 0.15 mm	± 0.05 mm
Raddurchmesser D	1.0 mm	0.15 mm	0.05 mm
Spurkranzdicke S_d	0.5 mm	0.075 mm	0.025 mm
Rundlauf H	0.3 mm	0.045 mm	0.015 mm
Spurkranzhöhe S_h	0.1 mm	0.015 mm	0.005 mm

Tabelle 44-1:14-1: Theoretisch geforderte Auflösung der Messmittel.

a) Masstoleranz als exemplarische Annahme ohne verbindlichen Charakter

Damit muss z.B. der Raddurchmesser mit einer Genauigkeit von 0.15 mm erfasst werden, wenn man sicher sein will, dass das gemessene Mass innerhalb der geforderten Masstoleranz liegt und somit als gültig betrachtet werden kann. Das dazu verwendete Messgerät muss bis auf 0.05 mm genau auflösen.

Bei den Massen für Spurkranzhöhe und Spurkranzdicke ist gemäss den obigen Forderungen mit einer Messauflösung von 0.025 mm zu messen, dies bei einer Genauigkeit von 0.075 mm. Inwieweit diese Forderungen durch die heute verwendeten Messmittel erfüllt werden, ist fraglich. So ist z.B. die an vielen Orten noch gebräuchliche Spurkranzmesslehre mit einer über einen Nonius erzeugten Ablesegenauigkeit von maximal 0.1 mm ausgestattet, die Messunsicherheit ist auf Grund des mechanischen Aufbaus

entsprechend grösser. Damit eine Spurkranzdicke auf 1/10 mm genau zu messen und das Messergebnis als gültig zu betrachten ist falsch.

Dessen muss man sich bewusst sein, wenn man misst. Das reale Ergebnis ist selten so wie es das Messmittel anzeigt.

Für die Praxis wird die Anwendung folgender Werte empfohlen, die nicht zwangsläufig die Forderungen der Messgenauigkeit **nachgemäss** DIN 27201-9 erfüllen. Dies gilt insbesondere für die Beschaffung moderner elektronischer Messmittel. Ältere mechanische Messmittel arbeiten in der Regel mit grösserer Messunsicherheit.

Messgrösse	Fertigungstoleranz Drehmaschine [mm]	Messtoleranz [mm]	Anzeigegenauigkeit Messmittel [mm]
Raddurchmesser D (Messung auf der Drehmaschine)	± 0.3	± 0.2	± 0.01
Raddurchmesser D (Handmessung)	–	± 1.0	± 0.5
Spurkranzhöhe Sh	± 0.2	± 0.1	± 0.05
Spurkranzdicke Sd	± 0.2	± 0.1	± 0.05
q _R -Mass	± 0.2	± 0.1	± 0.05
Spurmass S _R	± 0.6	± 0.2	± 0.1
Radrückenabstand A _R	± 0.2	± 0.1	± 0.05
Rundlauf H	≤ 0.2	≤ 0.1	≤ 0.01
Planlauf G	≤ 0.2	≤ 0.1	≤ 0.01

Tabelle 14-2: Empfohlene Anzeigegenauigkeit moderner Messmittel in der Praxis.

13.1.214.1.2 14.1.2 Bezugssysteme

Neben der Messunsicherheit spielt auch noch die Qualität des Bezugssystems eine Rolle. Hier sollte man sich bewusst sein, wie gut die Qualität des Bezugs ist, z.B. der theoretischen Mittellinie der Radsatzwelle oder der Winkeligkeit von Bezugsflächen zueinander. Die Qualität dieser Bezugssysteme kann stark von den Umgebungsbedingungen abhängen, z.B. dem Einbauzustand oder der Art der Lagerung eines Radsatzes (eingebaut, ausgebaut auf Lagergestell, eingespannt in Drehmaschine, etc.).

Dieser Umstand spiegelt sich z.B. in den unterschiedlichen Grenzwerten beim Radrückenabstand A_R **wiederwider**. Diese ändern mit dem Einbauzustand des Radsatzes.

Beim Messen geometrischer Grössen, die sich auf ein Bezugssystem abstützen ist dessen Qualität und Zustand stets zu hinterfragen. Davon sind insbesondere folgende Messungen betroffen:

- Rundlaufmessung H zwischen Spitzen.
- Messung des Radrückenabstands A_R.
- Messung Flankensteilheit q_R je nach Messmethode.

Aus diesen Gründen muss bei einem Vergleich von Messergebnissen auch immer der Zustand bzw. die bei den Messungen vorherrschende Qualität des Bezugssystems mit einbezogen werden.

~~13.1.3~~ ~~14.1.3~~ **Messmittelmanagement und Kalibrierung**

Für alle Messsysteme gilt, dass sie zwingend über die Messmittelüberwachung in einem System geführt und überwacht werden müssen. Darin sollen mindestens eine eindeutige Identifikation des Messmittels, die Kalibrierdaten und die entsprechenden Kalibrierzertifikate sowie der Termin der nächsten Kalibrierung ersichtlich sein.

Das Messmittel **selberselbst** muss mit folgenden Daten versehen werden (auch codiert möglich):

- Eindeutige Identifikationsnummer des Messmittels.
- Nächster Termin der Kalibrierung oder Zeitbereich der Gültigkeit.

Das Kalibrierintervall wird in der Regel wie folgt festgelegt:

- Lehren für Innen- und Aussenmasse, Massbänder und Massstäbe: 24 Monate
- Radsatzdrehmaschinen: 12 Monate
- Eisenbahntypische Messmittel für Masse am Radsatz: 12 Monate
- Schablonen: 12 Monate

Weitere Angaben dazu finden sich in der DIN 27201-9.

Die Mess- und Prüfmittel bzw. Messeinrichtungen sind bei einem akkreditierten Prüf- und Kalibrierlabor zu kalibrieren, dass zur Kalibration der geforderten Messgrößen eingerichtet ist. Für spezielle bahntypische Aufgaben kann unter Umständen die Anerkennung des Labors durch die zuständige Aufsichtsbehörde notwendig sein.

Es wird empfohlen, Referenzprüfstücke zur Kontrolle der Messeinrichtungen vor Ort zur Verfügung zu stellen.

~~13.2~~ ~~14.2~~ **Messwerterfassung am Radprofil**

Bei der Instandhaltung der Radsätze werden am häufigsten die Messwerte am Radprofil erfasst, da sich dort gut Verschleisstendenzen und Annäherungen an Betriebsgrenzmasse erkennen lassen.

In der Regel werden folgende Masse gemessen:

- Spurkranzdicke S_d [mm]
- Spurkranzhöhe S_h [mm]
- Flankensteilheit q_R [-]
- Radkranzbreite B_R [mm]
- Auswalzung a [mm]
- Hohllauf h [mm]
- Gesamtes Radprofil

Als Voraussetzung für eine gute Messung muss das Radprofil im Bereich des Spurkranzes und der Lauffläche sauber und frei von Verunreinigungen, z.B. Spurkranzschmierfett sein. Auch das Messgerät muss entsprechend sauber sein. Die Messstelle soll gut zugänglich sein, was insbesondere im eingebauten Zustand nicht immer gegeben ist.

Bei Radsätzen im Betrieb ist zum Messen eine weitgehend unbeschädigte Stelle ohne Grate, Ausbröckelungen und Aufschieferungen zu wählen. An Radsätzen mit stärkeren Schädigungen der Lauffläche oder des Spurkranzes können keine seriösen Messungen mehr durchgeführt werden.

~~13.2.1~~14.2.1 ~~14.2.1~~ Spurkranzdicke S_d

Die Spurkranzdicke S_d wird an einem definierten Messpunkt am Radprofil erfasst und in Millimeter angegeben (siehe ~~Abb. 6.3.2-2~~ Abbildung 6-33).

Die Spurkranzdicke kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen werden (siehe Abschnitt ~~14.4~~ 14.4).

Das Lehren der Spurkranzdicke soll wenn überhaupt nur noch bei der Profilbearbeitung als Endkontrolle angewendet werden.

~~13.2.2~~14.2.2 ~~14.2.2~~ Spurkranzhöhe S_h

Die Spurkranzhöhe S_h wird an einem definierten Messpunkt am Radprofil erfasst und in Millimeter angegeben (siehe ~~Abb. 6.3.2-2~~ Abbildung 6-33).

Die Spurkranzhöhe kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen werden (siehe Abschnitt ~~14.4~~ 14.4).

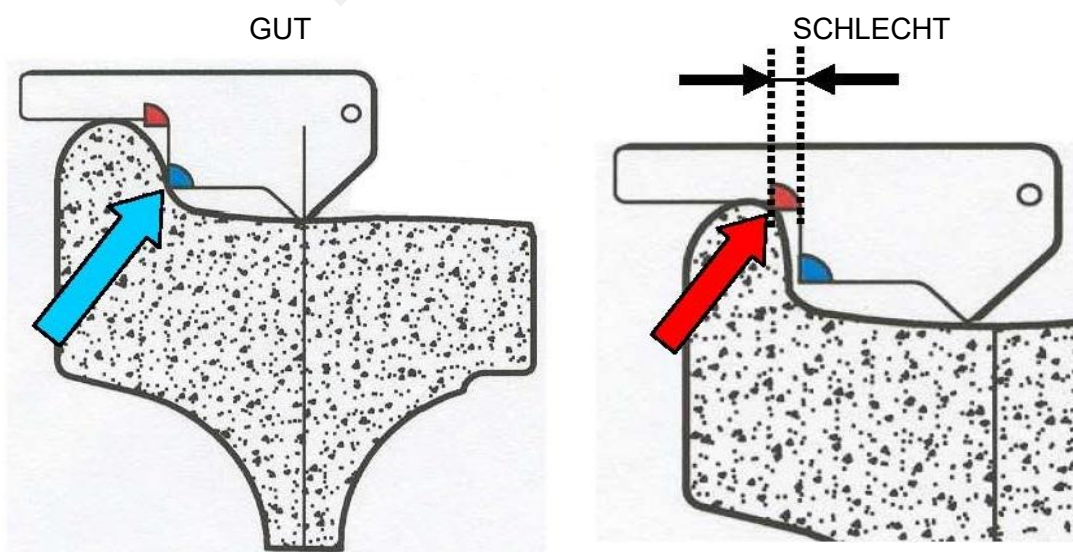
Das Lehren der Spurkranzhöhe soll wenn überhaupt nur noch bei der Profilbearbeitung als Endkontrolle angewendet werden.

~~13.2.3~~14.2.3 ~~14.2.3~~ Flankensteilheit q_R

Die Flankensteilheit q_R beschreibt die Steigung der Spurkranzflanke und wird durch Messen der Distanz zweier festgelegter Messpunkte ermittelt und ohne Einheit angegeben, aber in Millimetern gemessen (siehe ~~Abb. 6.3.2-2~~ Abbildung 6-33).

Das q_R -Mass kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen werden (siehe Abschnitt ~~14.4~~ 14.4).

Das Lehren der Flankensteilheit q_R ist ebenfalls gängig und wird zur schnellen Beurteilung des Verschleisszustandes eingesetzt. Damit ist im Zweifelsfall und ohne die Beurteilung mittels eines Messgerätes einfach feststellbar, ob das q_R -Mass innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist oder das Betriebsgrenzmass verletzt wird. Die Lehre dient nur der Unterstützung bei der Entscheidung gut-/schlecht, ist aber für eine endgültige Bestimmung oder Messung des q_R -Masses ungeeignet.



Wenn **blau** die Fläche berührt,
ist das q_R -Mass in Ordnung.

Wenn **rot** die Fläche berührt,
ist das q_R -Mass nicht in Ordnung.

~~Abb. 14.2.3-1~~ Abbildung 14-2: Handhabung der q_R -Mass Messlehre.

Bei der Handhabung ist zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Spurkranzhöhen und Hohllauf das Prüfergebnis negativ beeinflussen können. Im Zweifelsfall ist daher immer eine Messung mit geeigneten Messmittel auszuführen.

Die q_R -Lehre kann in verschiedenen Dimensionen gefertigt werden, um den Ansprechpunkt bei der q_R -Massprüfung zu beeinflussen. Eine exemplarische Zeichnung ist im Anhang A2.2 abgelegt.

13.2.414.2.4 14.2.4 Radkranzbreite B_R

Die Radkranzbreite B_R wird als Abstand von Radkranzstirnfläche zu Radrückenfläche erfasst und in Millimeter angegeben (siehe [Abb. 6.3.2-2](#); [Abbildung 6-33](#)).

Die Radkranzbreite kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen (siehe Abschnitt [14.4](#)) sowie mittels Lehren kontrolliert werden.



[Abb. 14.2.4-1:](#)

[Abbildung 14-3:](#) Kontrolllehre für die Radkranzbreite B_R .

Die Radkranzbreite ist an einer Stelle zu messen, die nicht durch Gratbildung (z.B. Auswalzungen) oder Materialabnützungen im Bereich des Radrückens geschädigt ist und somit das reale Mass stark verfälscht.

In der Regel wird die Radkranzbreite nur bei der Herstellung des Rades gemessen da sich dieses Mass im Betrieb nicht oder nur unwesentlich verändert.

~~13.2.5~~ ~~14.2.5~~ **14.2.5 Auswalzung a**

Die Auswalzung a wird als Massdifferenz zwischen Radkranzstirnfläche und maximaler Materialauswalzung nach aussen erfasst und in Millimeter angegeben (siehe ~~Abb. 6.6.1-8~~ Abbildung 6-48).

Die Auswalzung kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen werden (siehe Abschnitt ~~14.4~~ 14.4).

Da Auswalzungen über den Radumfang ungleichmässige Dicken aufweisen können ist der Messort mit Bedacht zu wählen. Als gültiger Messwert pro Rad gilt der Wert, der an der Stelle mit der grössten Auswalzung gemessen wurde. Im Zweifelsfall sind mehrere Messungen über den Umfang verteilt vorzunehmen.

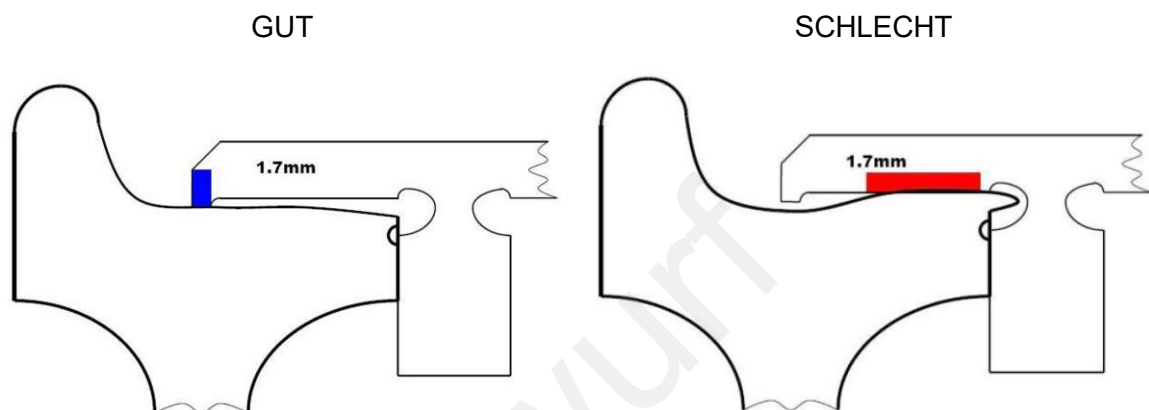
Entwurf

~~13.2.6~~14.2.6 ~~14.2.6~~ Hohllauf h

Der Hohllauf h wird als Massdifferenz zwischen dem niedrigsten und höchsten Punkt auf der Lauffläche erfasst und in Millimeter angegeben (siehe ~~Abb. 6.6.1-10~~ Abbildung 6-50).

Der Hohllauf kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen werden (siehe Abschnitt ~~14.4~~ 14.4).

Für eine Schnellbeurteilung des Hohllaufs kann eine Lehre verwendet werden (z.B. SBB-Messlehre Zeichnung SBB WOI 1187-10-001). Damit lässt sich anhand von Berührungspunkten oder Luftspalt feststellen, ob der Hohllauf innerhalb bestimmter Grenzen ist. Die Lehre dient nur der Unterstützung bei der Entscheidung gut-/schlecht, ist aber für eine endgültige Bestimmung oder Messung des Hohllaufs ungeeignet.



Wenn **blau** die Fläche berührt, ist die Warngrenze 1.7 mm nicht erreicht (Mass nicht erreicht).

Wenn **rot** die Fläche berührt, ist die Warngrenze 1.7 mm erreicht (Mass erreicht bzw. überschritten).

~~Abb. 14.2.6-1~~ Abbildung 14-4: Handhabung der Hohllauflehre.

Bei der Handhabung ist zu berücksichtigen, dass Formtoleranzen und Störungen an der Radkranzstirnfläche das Prüfergebn negativ beeinflussen können. Im Zweifelsfall ist daher immer eine Messung mit geeigneten Messmitteln auszuführen.

Die Hohllauflehre kann in verschiedenen Dimensionen gefertigt werden, um den Ansprechpunkt bei der Prüfung zu beeinflussen. Ist die Warngrenze überschritten, ist für eine weitere Beurteilung mit einer genaueren Messeinrichtung das Hohllaufmass zu ermitteln.

~~13.2.7~~14.2.7 ~~14.2.7~~ Gesamtes Radprofil

Die Aufzeichnung des gesamten Radprofils als Polygonzug ist bei einigen Messmethoden die Basis zur Ermittlung der oben angeführten Werte. In der Regel gibt es keinen Grund, das Radprofil als Ganzes zu erfassen.

Davon ausgenommen ist neben Versuchen zu wissenschaftlichen Zwecken die Prüfung der Radprofile an neu profilierten Radsätzen zur Qualitätskontrolle.

Das Radprofil kann dazu mit verschiedenen Messmethoden erfasst werden.

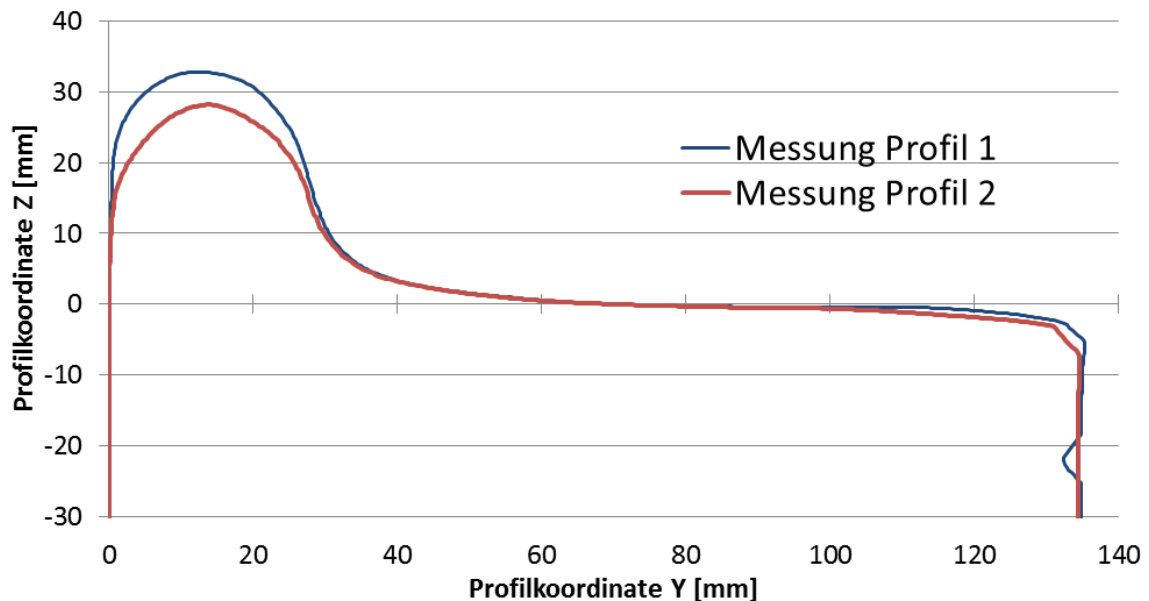


Abb. 14.2.7-1: Abbildung 14-5: Messergebnis von Radprofilmessungen mittels optischer Abtastung.

Für eine Schnellbeurteilung können Lehren in Form von Profilschablonen verwendet werden. Damit ist eine qualitative Aussage über die reale Profilkontur bezogen auf das Lehrenprofil möglich. Die Beurteilung erfolgt in der Regel mit der Lichtspaltmethode, bei Verdachtsfällen kann mit Fühlerlehren nachkontrolliert werden welche Dimension der Lichtspalt hat. Damit ist eine grobe Aussage möglich, wie stark das reale Profil vom Sollzustand abweicht. Eine genaue Aussage zur Profiltreue bei gegebener Formtoleranz ist damit aber nicht möglich. Zu beachten ist eine möglichst senkrechte Ausrichtung zum Radprofil, was auch durch die Bauart der Lehre und der Qualität der Radrückenfläche negativ beeinflusst werden kann.

Kontrollen an Radprofilen von Radsätzen, die im Betriebseinsatz sind, sind mit diesen Profillehren nicht möglich oder nur mit grossen Ungenauigkeiten verbunden (z.B. Lehren des Hohlraufs). Von diesem Vorgehen wird abgeraten.



Abb. 14.2.7-2: Abbildung 14-6: Radsatz nach R0-



Abb. 14.2.7-3: Abbildung 14-7: Radsatz mit Verschleiss-

Entwurf

~~13.3~~14.3 ~~14.3~~ Messwerterfassung am Radsatz

Neben der Messwerterfassung am Radprofil haben auch verschiedene Masse am Radsatz eine für den Betrieb grosse Bedeutung. Die Erfassung erfolgt jedoch in grösseren Intervallen. Dabei werden in der Regel folgende Werte gemessen:

- Radrückenabstand A_R [mm]
- Spurmass S_R [mm]
- Raddurchmesser D [mm]
- Radreifendicke b [mm] (bei Rädern mit Radreifen)
- Hohlhub bei Bremsscheiben [mm]
- Rundlauf H [mm]
- Planlauf G [mm]
- Unwucht U [gm]
- Elektrischer Widerstand R [Ohm]
- Masse m [kg]

Als Voraussetzung für eine gute Messung muss die Umgebung im Bereich der Messpunkte sauber und frei von Verunreinigungen sein. Die Messstelle soll gut zugänglich sein, was insbesondere im eingebauten Zustand nicht immer gegeben ist.

Bei Radsätzen im Betrieb ist zum Messen von Stichmassen eine weitgehend unbeschädigte Stelle ohne Grate, Ausbröckelungen und Aufschieferungen zu wählen. An Radsätzen mit stärkeren Schädigungen der Lauffläche oder des Spurkranzes können unter Umständen bei bestimmten Massen keine seriösen Messungen mehr durchgeführt werden.

~~13.3.1~~14.3.1 ~~14.3.1~~ Radrückenabstand A_R

Das A_R -Mass wird als Abstand zwischen den beiden Radrückenflächen eines Radsatzes erfasst und in Millimeter angegeben (siehe ~~Abb. 6-3-2-1~~-Abbildung 6-32).

Das A_R -Mass kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen werden (siehe Abschnitt ~~14.4~~-14.4).

Das Prüfen des A_R -Masses mittels Lehren ist nicht vorgesehen.

Zur Messung des A_R -Masses werden je nach angewendeter Vorgabe zwei verschiedene Messpunkte definiert:

- MP1: 60 mm unterhalb der Oberkante des Spurkranzes (SN EN 13260-1)
- MP2: 10 mm ausserhalb des Laufkreises (SN EN 15313, AB-EBV-1)

Beide Messpunkte sind problembehaftet: MP1 liegt bei einigen Radsatzbauarten im Stegbereich und ist damit faktisch nicht anwendbar oder ist vorhanden aber mit stark korrodierter Oberfläche, MP2 liegt in einer durch Verschleiss beeinflussten Zone. Das Messergebnis an diesen Stellen ist deshalb bei Radsätzen im Betrieb nur mässig genau.

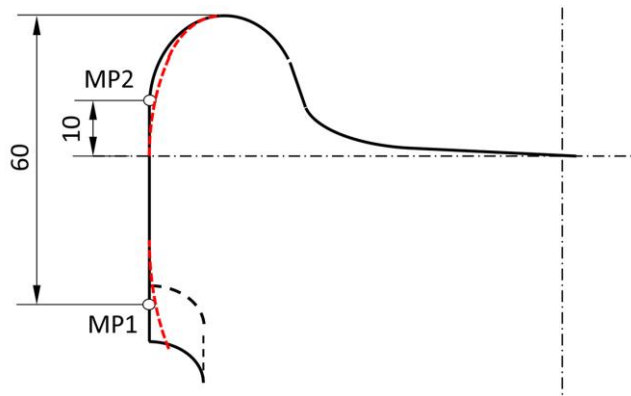


Abb. 14.3.1-1: Abbildung 14-8: Messpunkte am Rad zur A_R -Bestimmung-

Diesen Einschränkungen muss man sich beim Messen des A_R -Masses bewusst sein, insbesondere dann, wenn vergleichende Messungen an einem Radsatz über längere Zeit durchgeführt werden. Aus diesem Grund ist, wenn immer möglich bei allen Messungen der gleiche Messpunkt zu verwenden und dies zu dokumentieren.

Besser wäre hier die Definition eines neuen Antastbereiches im verschleissarmen Teil des Radrückens.

13.3.2 14.3.2 Spurmass S_R

Das Spurmass S_R wird als Abstand zweier definierter Messpunkte im Profilbereich des Rades gemessen und in Millimetern angegeben (siehe Abb. 6.3.2-2). Abbildung 6-33).

Das Spurmass S_R kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen werden (siehe Abschnitt 14.4). 14.4).

Die Beurteilung des Spurmasses S_R mittels einer Lehre ist nicht vorgesehen.

Auf Grund der relativ schwierig zu messenden Abstände der Messpunkte auf dem Radprofil wird von einer direkten Messung des S_R -Masses abgeraten. Das Spurmass S_R kann wesentlich einfacher durch Summation des A_R -Masses und der Spurkranzdicken errechnet werden.

$$S_R = A_R + S_{d_{\text{links}}} + S_{d_{\text{rechts}}}$$

Formel 6-14-3: (Wiederholung): Berechnung des Spurmasses S_R .

Hierbei ist zu beachten:

Es werden die Messfehler von drei Massen aufsummiert. Dementsprechend ungenau ist das Ergebnis und muss in diesem Sinne auch mit einer gewissen Vorsicht betrachtet werden.

13.3.3 14.3.3 Raddurchmesser D

Der Raddurchmesser D wird in der Messkreisebene gemessen und in Millimeter angegeben. (siehe Abb. 6.3.2-2). Abbildung 6-33).

Der Raddurchmesser D kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen werden (siehe Abschnitt 14.4). 14.4).

Die Erfassung des Raddurchmessers mit ausreichender Genauigkeit stellt immer wieder ein Problem dar. Dies zum einen wegen der verwendeten Messmethoden und zum anderen wegen Verschleisserscheinungen auf der Lauffläche in der Messkreisebene.

Allen Messmethoden ist gemeinsam, dass sie durch Schädigungen der Lauffläche wie z.B. Ausbröckelungen negativ beeinflusst werden.

Folgende Methoden finden bei der Ermittlung des Raddurchmessers D Anwendung:

- Messung durch Abrollweg
- Messung des Durchmessers direkt
- Messung durch Umschlingung
- Sehnenmessung

Alle diese Methoden haben Vor- und Nachteile in Bezug auf Anwendbarkeit und erzielter Messgenauigkeit.

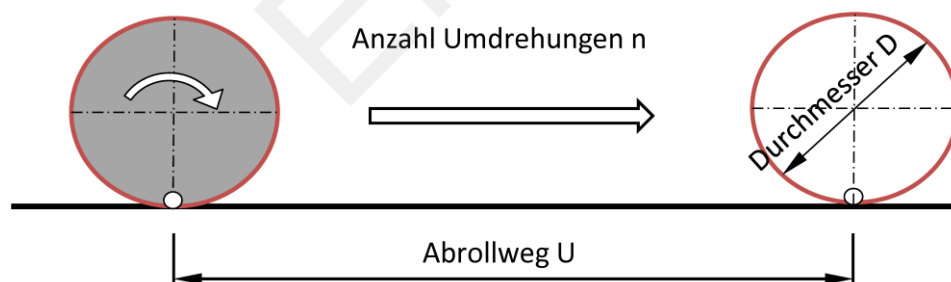
~~13.3.3.1~~ ~~14.3.3.1~~ ~~14.3.3.1~~ — Messung durch Abrollen

Bei der Messung des Raddurchmessers durch Abrollen wird der Abrollweg U des Radsatzes bei einer definierten Anzahl Umdrehungen n erfasst. Diese Methode wird in der Regel auf UFD-Maschinen eingesetzt wobei dort der Abrollweg über digitale Inkremental-Drehgeber und die Anzahl der Umdrehungen durch eine Marke erfasst wird. Die Messung erfolgt in der Messkreisebene. Diese Messmethode gilt als die zuverlässigste und genaueste Art der Durchmessererfassung.

Auch das Abrollen eines Radsatzes im Gleis ist möglich, wobei hier der Durchmesser nicht sicher in der Messkreisebene erfasst wird. Ebenso ist die genaue Bestimmung der Anzahl Umdrehungen schwierig. Je grösser dabei die Anzahl der Umdrehungen ist desto genauer wird das Messergebnis.

$$D = \frac{U}{n \cdot \pi}$$

Formel ~~14.3.14.4~~: Berechnung des Raddurchmessers D aus dem Abrollweg



~~Abb. 14.3.3.1~~: ~~Abbildung 14-9~~: Ermittlung des Durchmessers durch Abrollen

Wann immer möglich und bei der Forderung nach genauen Durchmesserwerten ist die Messung mittels ~~Abrollen~~Abrollens vorzunehmen. Dabei werden Genauigkeiten im Zehntelmillimeter-Bereich erzielt.

~~13.3.3.2~~ ~~14.3.3.2~~ ~~14.3.3.2~~ — Direkte Messung

Die direkte Messung des Raddurchmessers kann bei entsprechend guter Zugänglichkeit direkt mit einem Messgerät ähnlich ~~eines Messschiebers~~einem Messschieber erfasst werden. Dabei muss sichergestellt sein, dass die Messpunkte in der Messkreisebene liegen und das Messgerät nicht verkantet.

Dieses Messverfahren findet vorzugsweise an ausgebauten Radsätzen Verwendung und kann Genauigkeiten bis ca. 0.5 mm erreichen.

Bei eingebauten Radsätzen ist die Anwendung dieser Methode nur bei wenigen Fahrzeugen möglich, da die notwendigen Freiräume oft mit Bremseinrichtungen oder Einrichtungen zur Radsatzführung verbaut sind.

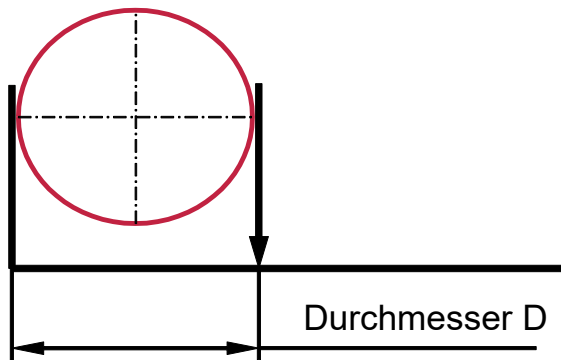


Abb. 14.3.3-2: Abbildung 14_10: Direkte Messung des Raddurchmessers.

13.3.3.3 14.3.3.3 Messung durch Umschlingung

Ähnlich der Messung durch Abrollen kann der Durchmesser auch durch Umschlingen mit einem Massband festgestellt werden. Der Hintergrund ist gleich wie beim Abrollen: es wird der Umfang erfasst und auf den Durchmesser umgerechnet. Die Messgenauigkeit ist ähnlich gut wie beim Abrollen, sofern das Massband über den gesamten Radumfang in der Messkreisebene angelegt werden kann. Dies ist bei im Fahrzeug eingebauten Radsätzen selten möglich.

Aus diesem Grund sollte die Messung mittels Umschlingung nur zu Kontrollzwecken angewendet werden. Bei ausgebauten Radsätzen mag sie recht genau sein aber bei eingebauten Radsätzen ist der Fehler durch eine falsche Position auf dem Radprofil nicht zu vernachlässigen.

13.3.3.4 14.3.3.4 Sehnennmessung

Häufig und mit verschiedenen Messmethoden (tastend und optisch) wird die Sehnennmessung zur Ermittlung des Raddurchmessers angewendet. Dabei wird mangels Zugänglichkeit beim eingebauten Radsatz nur ein Teil davon gemessen und mit diesen Ergebnissen der Raddurchmesser berechnet. Die notwendige Umrechnung ist meist in den Messgeräten bereits abgebildet und es kann der gemessene Durchmesserwert abgelesen werden. Die Sehnennmessung birgt aber einige Tücken, deren man sich bewusst sein muss.

$$D = \frac{h^2 + \left(\frac{s}{2}\right)^2}{h}$$

Formel 14-4: 14_5: Berechnung des Raddurchmessers D aus der Sehne.

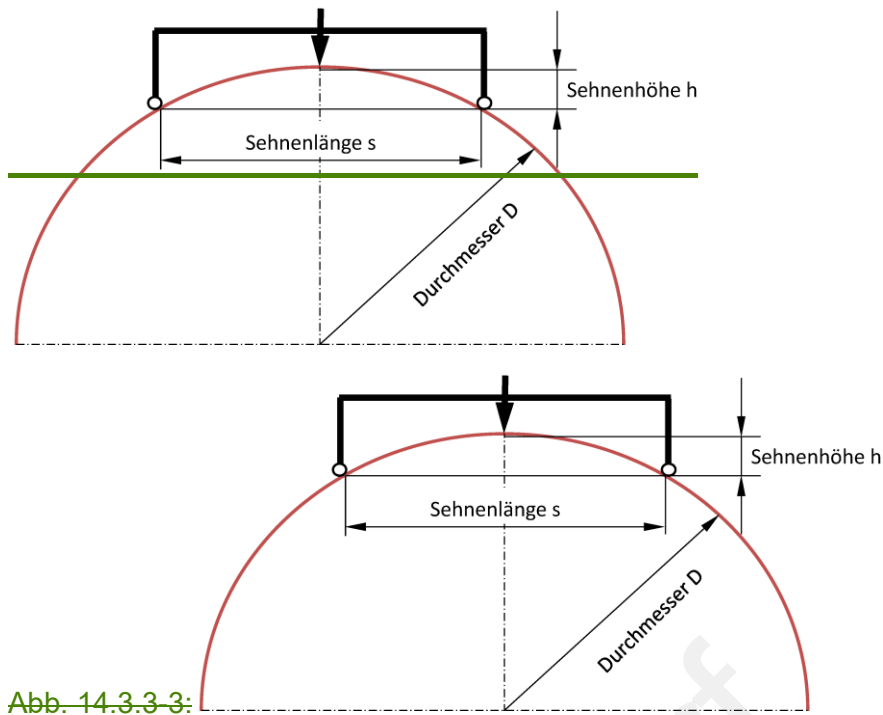


Abb. 14.3.3-3:

Abbildung 14-11: Sehnenmessmethode zur Ermittlung des Raddurchmessers-

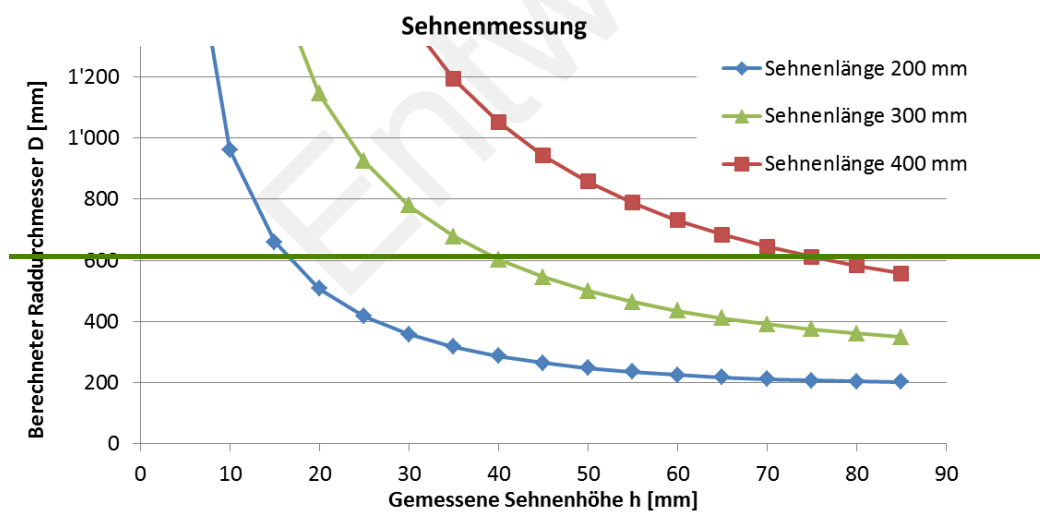


Abb.

14.3.3-4:

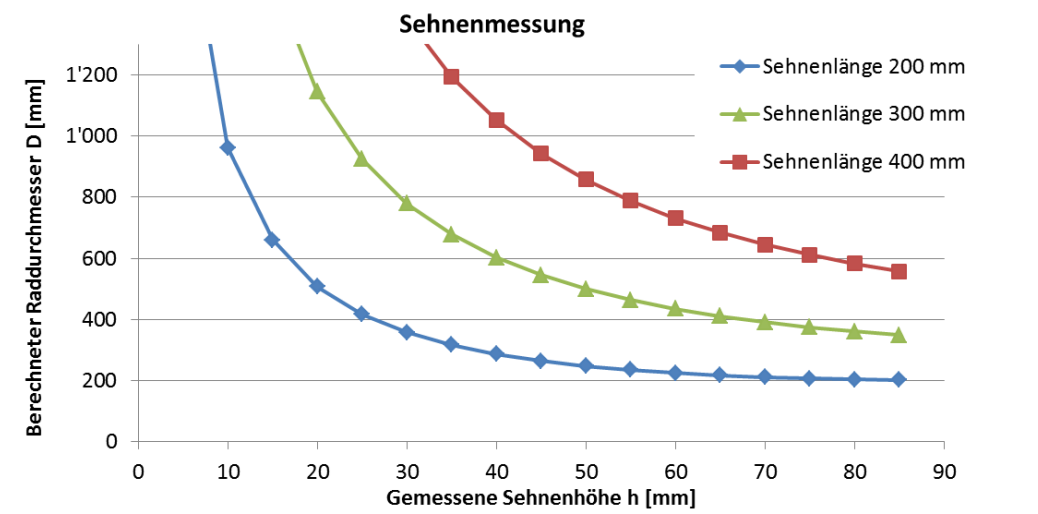


Abbildung 14-12: Grafik der Funktion der Sehnenmessmethode

Das grundsätzliche Problem dieser Messmethode ist, dass die Fehlertoleranz nicht linear ist, sondern bei der Messung kleiner Werte der Sehnenhöhe h stark ansteigt. Aus diesem Grund sind für verschiedene Raddurchmesserbereiche darauf abgestimmte Messgeräte zu verwenden. Diese variieren in der Abmessung, um über die Sehnenlänge in einen Messbereich mit akzeptabler Fehlertoleranz zu kommen.

Folgende Punkte müssen bei der Messung zwingend beachtet werden:

- Es ist stets das zum zu messenden Durchmesserbereich passende Messgerät zu verwenden.
- Das Messgerät muss plan und winklig angesetzt werden. Ein Verkippen führt zu massiven Verfälschungen des Messergebnisses.
- Die Mess- und Auflagepunkte müssen sauber sein.
- Die Mess- und Auflagepunkte müssen frei von Materialschäden wie z.B. Ausbröckelungen oder Überwalzungen sein. An Rädern mit starken Ausbröckelungen ist das Messen nicht seriös möglich.

Zur Verdeutlichung der Messungenauigkeit ein Beispiel: mit einem Messgerät mit Sehnenlänge 300 mm wird ein Rad mit realem Durchmesser 650 mm gemessen. Der Messfehler der Sehnenhöhe beträgt wegen Verkippen und schlechter Oberfläche ± 0.5 mm. Der Durchmesser wird damit mit einer Messungenauigkeit von ± 8 mm erfasst.

Die Sehnenmessgeräte haben **durchaus** eine Berechtigung zum Erfassen des Raddurchmessers, sofern die messende Person im Umgang mit dem Gerät geübt und sich des grossen Einflusses von Messfehlern bewusst ist. Das gemessene Ergebnis ist stets kritisch zu hinterfragen.

Für die **wirklich** genaue Bestimmung von Raddurchmessern ist diese Methode nur bedingt geeignet. Trotzdem wird diese Messmethode unter Berücksichtigung diverser Randbedingungen (Mehrfachmessung durch verschiedene Personen mit Mittelwertbildung) auch für die Raddurchmesser-Eingabe bei Zugsicherungssystemen verwendet.

14.3.4 Radreifendicke b bei Rädern mit Radreifen

Die Radreifendicke b wird in der Messkreisebene (oder bei Ultraschallmessung 10 mm ausserhalb der Messkreisebene) gemessen und in Millimetern angegeben (siehe [Abb. 14.3.3-3](#)). [Abbildung 14-11](#).

Die Radreifendicke b kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen werden (siehe Abschnitt [14.3.4](#)).

Aufgrund der vielen möglichen negativen Einflüsse beim Messen der Radreifendicke mit rein mechanischen Distanzmessgeräten wird von dieser Methode abgeraten.

So ist die mögliche Bezugsfläche an der Radkranzstirnseite recht grob toleriert und die mögliche Bezugsfläche am Radrücken durch das Einwalzen des Sprenglings undefiniert verformt. Die Qualität der Lauffläche bezüglich Ausbröckelungen hat ebenfalls einen Einfluss.

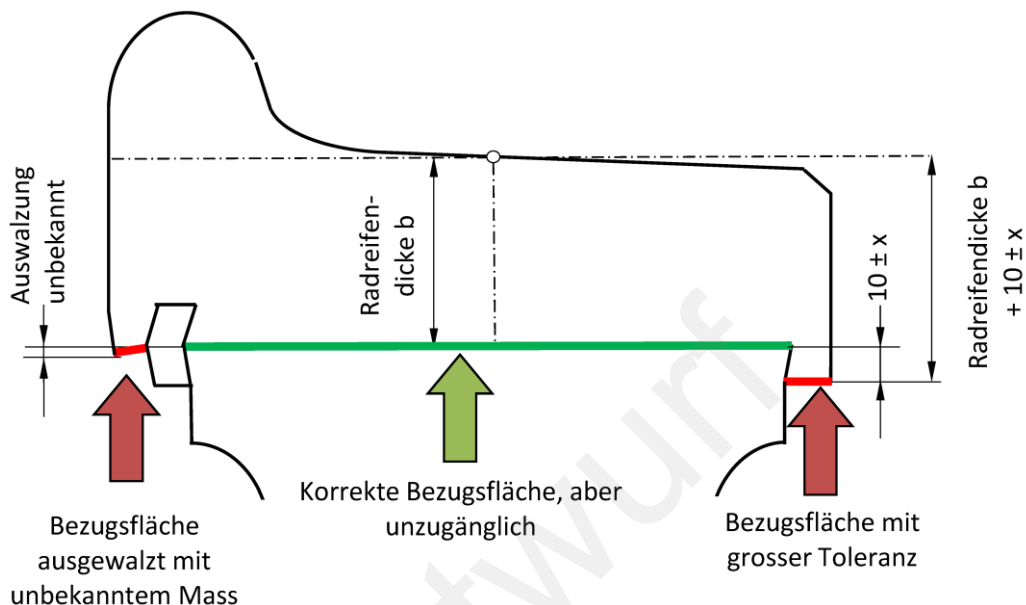


Abb. 14.3.4-1: Abbildung 14-13: Bezugsflächen zur Messung der Radreifendicke b .

Aus der Problematik der korrekten Bezugsflächen heraus ergibt sich, dass mit mechanischen Messmitteln gleich von welcher Seite gemessen stets eine recht grosse Ungenauigkeit im Messergebnis enthalten ist. Diese Methoden sind nur für grobe Abschätzungen geeignet aber nicht für Messungen genauer ± 1.0 mm zu verwenden.

Es ist daher naheliegend, die korrekte Bezugsfläche zu verwenden und die Distanz dieser Bezugsfläche zur Lauffläche direkt zu messen. Dies ist z.B. mit einer Dickenmessung mit Ultraschall gut möglich.

Dabei ist zu beachten, dass vor und nach der Messung das Ultraschallmessgerät an einem Kalibrierstück geprüft wird. Dieses Kalibrierstück sollte aus demselben Material wie die zu messenden Radreifen bestehen. Ebenso sind mehrere Messungen pro Radreifen vorzunehmen, um fehlerhafte Messergebnisse durch eine schlechte Oberfläche und schlechte Bedingungen im Spalt zwischen Radreifen und Radkörper ausschliessen zu können.

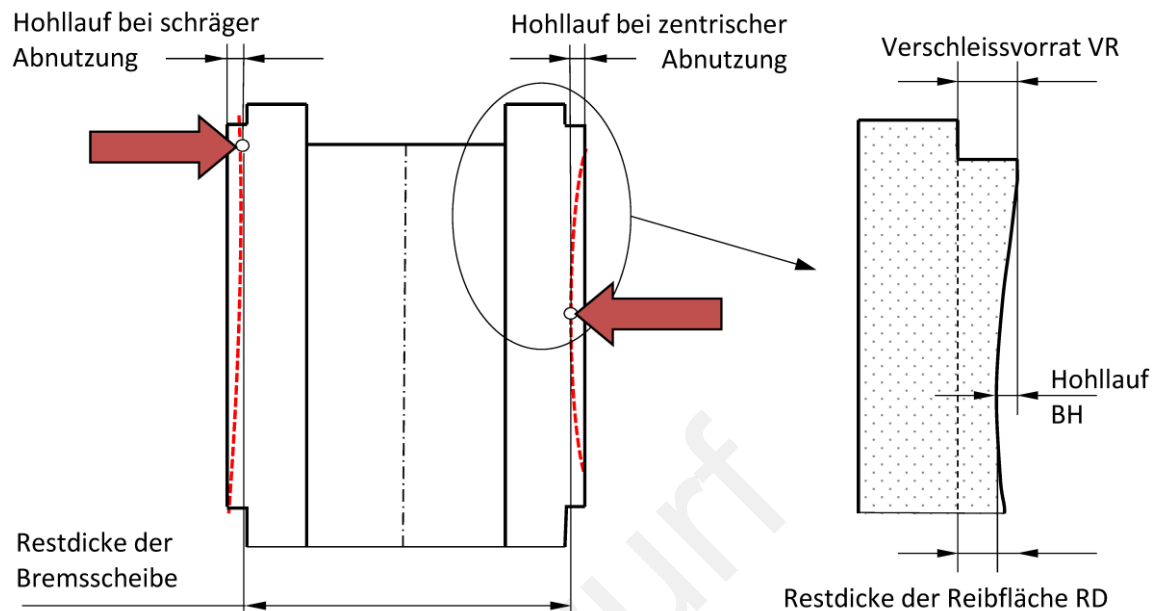
[13.3.5](#) [14.3.5](#) [14.3.5](#) Hohllauf und Restdicke bei Bremsscheiben

Der Hohllauf von Bremsscheiben wird als Differenz vom höchsten zum tiefsten Punkt der Reibfläche der Bremsscheibe gemessen und in Millimetern angegeben (siehe [Abb. 14.3.5-1](#)).

Der Hohllauf ist die Basis zur Bestimmung der Restdicke pro Reibfläche einer Bremsscheibe. Die Restdicke wird aus dem Verschleissvorrat und dem gemessenen Hohllauf berechnet.

Die Restdicke der Bremsscheiben wird als kleinste gemessene Distanz zwischen den Reibflächen gemessen und in Millimetern angegeben (siehe [Abb. 14.3.5-1](#), [Abbildung 14-14](#)).

Der Hohllauf und die Restdicke der Bremsscheibe kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen werden (siehe Abschnitt [14.4](#), [14.4](#)).



[Abb. 14.3.5-1:](#)

[Abbildung 14-14:](#) Hohllaufmessung an Bremsscheiben.

Bei der Messung des Hohllaufs ist der Zustand der Auflagefläche zu beachten und dem Umstand Rechnung zu tragen, dass der grösste Hohllauf nicht an einer definierten Stelle sondern an der Stelle gemessen wird, die den grössten Wert ergibt. Gleiches gilt für das Messen der Restdicke. Dabei ist der geringste gemessene Wert gültig.

Zur Beurteilung des Verschleisses ist in der Regel der Hohllauf und die Restdicke der Reibfläche massgebend, die Restdicke der Bremsscheibe spielt eine untergeordnete Rolle.

13.3.6 14.3.6 Rundlauf H

Der Rundlauf H eines Radsatzes wird pro Radscheibe in der Messkreisebene auf der Lauffläche gemessen und als Maximalwert in Millimeter angegeben (siehe [Abb. 6.3.24](#) [Abbildung 6-32](#)).

Der Rundlauf H kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen werden (siehe Abschnitt [14.4](#) [14.4](#)).

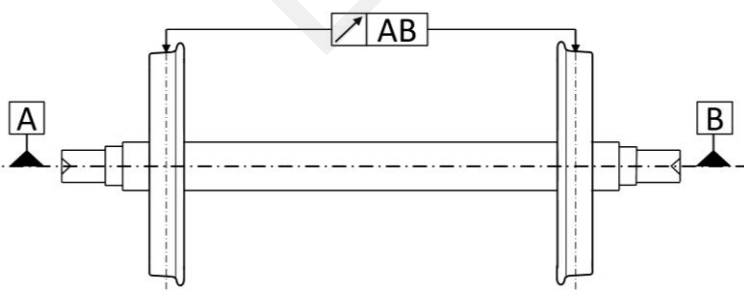
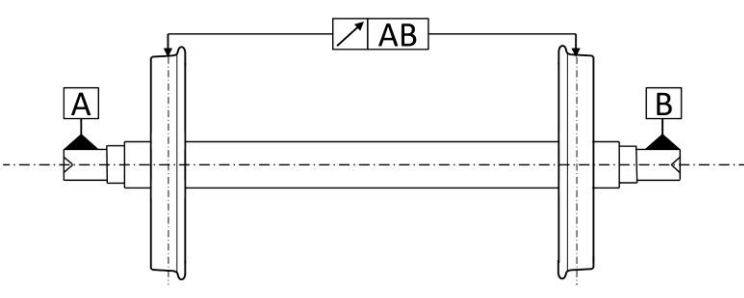
Der Rundlauf H beschreibt die maximale Abweichung der realen Kreisform des Radprofils in der Messkreisebene von einem idealen Kreis, der konzentrisch zum Bezug liegt.

Als Bezug kommen mehrere Möglichkeiten in Frage:

- die Mittellinie der Radsatzwelle, gebildet durch die Zentrierbohrungen an den Wellenenden, wird vorzugsweise bei Radsätzen im ausgebauten Zustand angewendet;
- die Radsatzlagersitze;
- die theoretische Rotations-Mittellinie des Radsatzes, gebildet durch die Rotations-Mittellinie der Radsatzlagerung, wird vorzugsweise bei Radsätzen im eingebauten Zustand angewendet;
- die Spurkranzkuppe in Bezug zur Lauffläche am Radaufstandspunkt, diese Methode wird bei stationären Überroll-Messanlagen verwendet.

Bei der Herstellung oder der Bearbeitung von Radsätzen im ausgebauten Zustand wird vorzugsweise die Mittellinie der Radsatzwelle verwendet, bei Messungen im eingebauten Zustand die Rotations-Mittellinie. Da das Messergebnis je nach verwendeter Methode recht unterschiedlich sein kann ist zu definieren, welcher Messbezug verwendet werden soll.

Am anspruchsvollsten, aber für den Betrieb am besten ist die Messung des Rundlaufs mit der theoretischen Rotations-Mittellinie mit den Radsatzlagern als Basis. Damit wird der Radsatz so gemessen, wie er in den Einsatz geht. Ein Radsatz, der mit dieser Messmethode die Unrundheitskriterien erfüllt ist gut.

	Bezugslinie ist die Mittellinie der Radsatzwelle, definiert über die Zentrierbohrungen der Radsatzwelle.
	Bezugslinie ist die Mittellinie der Radlagersitze, definiert über die Aussenkontur der Radlagersitze.

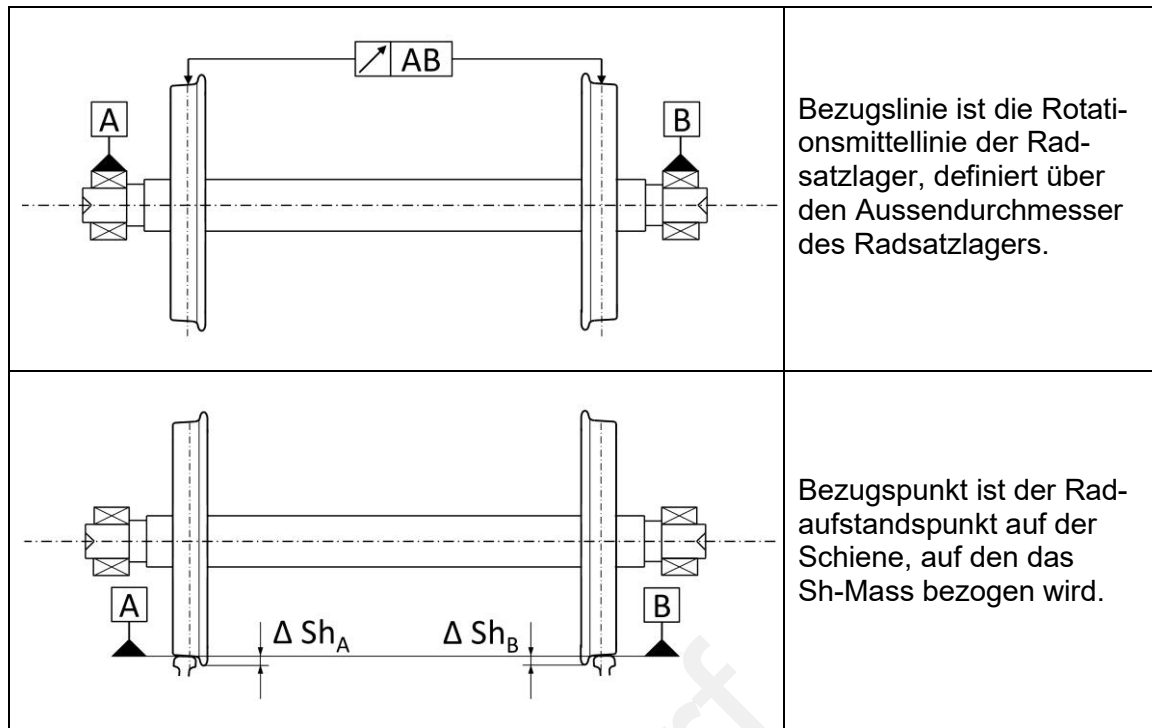


Abb. 14.3.6-1: Abbildung 14_15: Messbasis bei Rundlaufmessungen.

Je nach Anzahl der Messpunkte pro Radumfang bei der Rundlaufmessung kann folgendes gemessen werden:

- 8 Messpunkte: Exzentrizität, eventuell singuläre Abplattung.
- 100 Messpunkte: Polygone niedriger Ordnung.
- 300 Messpunkte: Polygone hoher Ordnung.

Weniger als 8 Messpunkte zur Bestimmung der Unrundheit sind nicht sinnvoll. Ebenso wird man mit mehr als 500 Messpunkten keine besseren Messergebnisse bezüglich Unrundheit und Polygonform erhalten.

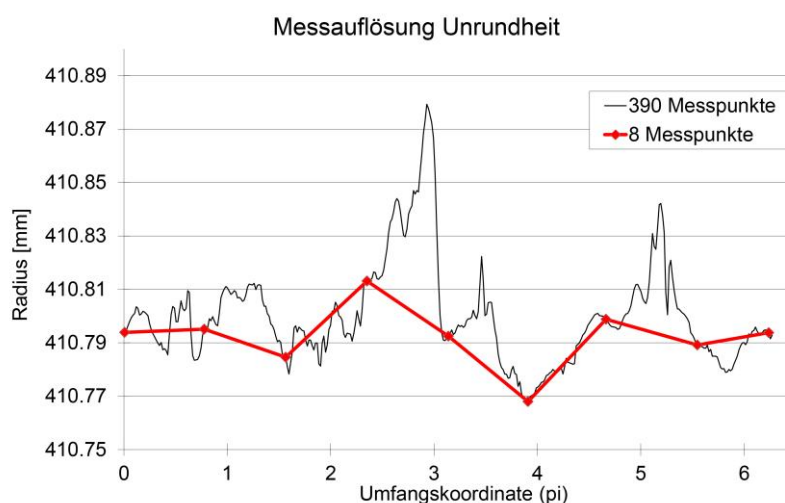


Abb. 14.3.6-2: Abbildung 14_16: Einfluss der Anzahl Messpunkte auf das Ergebnis der Rundlaufmessung.

Das korrekte Messen des Rundlaufs auf durch Ausbröckelungen geschädigten Lauffläche darf als schwierig bezeichnet werden. Solche Ergebnisse sind mit Vorsicht zu genießen.

13.3.7 14.3.7 Planlauf G

Der Planlauf G eines Rades wird pro Radscheibe am Radrücken im gleichen Bereich wie das A_R -Mass gemessen und als Maximalwert in Millimeter angegeben (siehe [Abb. 6.3.2-4](#) [Abbildung 6-32](#)).

Der Planlauf G kann mit verschiedenen Messmitteln gemessen werden (siehe Abschnitt [14.4](#) [14.4](#)).

Der Planlauf ist ein Wert, der sich im Betrieb nur unwesentlich und wenn überhaupt durch besondere Ereignisse wie z.B. Entgleisungen ändert. Es ist deshalb ausreichend, den Planlauf anlässlich von Radsatzbearbeitungen zu messen.

Bei der Messung des Planlaufs sind die gleichen Ausführungen zur Messbasis wie beim Rundlauf zu beachten ([Abb. 14.3.6-1](#)) [\(Abbildung 14-15\)](#). Entgegen [derden](#) Rundlaufmessungen sind aber bei der Planlaufmessung 4 bis 8 Messpunkte gleichmässig über den Umfang des Rades verteilt absolut ausreichend zur hinreichend genauen Erfassung des Planlaufs, da sich die Radscheibe in der Regel nicht verwirft.

In besonderen Fällen, namentlich nach Entgleisungen, ist die Überprüfung des Planlaufs mit 3 um 120° versetzten Messpunkten angezeigt. Dabei wird über das A_R -Mass die Abweichung der Radrücken zueinander gemessen. Dies ist auf Grund der falschen Messbasis nicht als gültige Planlaufmessung einzustufen.

	Abweichung vom Planlauf über A_R-Messung möglich, sofern eine Radscheibe winklig zur Mittellinie Radsatzwelle ist.
	Abweichung vom Planlauf über A_R-Messung nicht möglich, da beide Radscheiben unbestimmt zur Mittellinie der Radsatzwelle stehen. Sonderfall: beide Radscheiben stehen gleich schräg, es gibt keine nennenswerten Differenzen beim A_R-Mass.

[Abb. 14.3.7-1](#) [Abbildung 14-17](#): Messung von Planlauf über A_R -Mass-

13.3.8 14.3.8 Unwucht U

Die Unwucht U eines Radsatzes wird am fertig montierten Radsatz gemessen und in gm (Gramm-Meter) angegeben. Einzelne Bauteile wie z.B. Vollräder und

Wellenbremsscheiben werden bereits als Einzelteile ausgewuchtet. Das Messen der Unwucht erfordert den Einsatz spezieller Messvorrichtungen.

Wenn bei einem Rotationskörper (z.B. einer Radscheibe) der Schwerpunkt S mit der Masse m im Abstand e von der Drehachse ist, dann entsteht bei einer Drehbewegung ω eine radial nach aussen gerichtete Fliehkraft F, die von der Lagerung aufgenommen werden muss.

$$F = m \cdot e \cdot \omega^2$$

Formel 14-5: Berechnung der Fliehkraft.

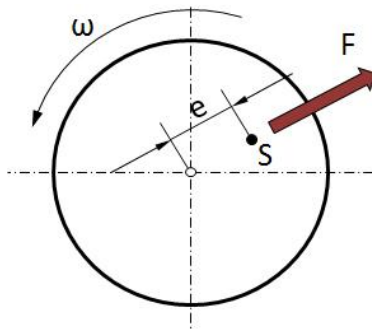


Abb. 14.3.8-1: Unwucht

Abbildung 14-18: Unwucht

Die Unwucht U kann als Vektor definiert werden, der in der Richtung von F liegt und den Betrag $m \cdot e$ hat. Somit gilt folgender Zusammenhang:

$$F = U \cdot \omega^2 \quad \text{wobei} \quad U = m \cdot e \text{ [gm]}$$

Formel 14-6: Berechnung der Unwucht.

Zum Ausgleich der Unwucht U kann auf der gegenüberliegenden Seite eine Masse Δm hinzugefügt oder auf der gleichen Seite entfernt werden. Das Produkt der Masse Δm und dem Abstand von der Drehachse muss dabei gleich der Unwucht U sein.

Beim Auswuchten wird zwischen statischem und dynamischem Auswuchten unterschieden bzw. auswuchten in ein oder zwei Ebenen. Streng genommen können nur scheibenförmige Körper statisch ausgewuchtet werden. Nur dort ist die exakte axiale Lage der Unwuchtmasse bekannt.

Auch beim Auswuchten von Radsätzen kann zwischen statischem und dynamischem Auswuchten unterschieden werden. Beim statischen Fall zeigen die Vektoren U in die gleiche radiale Richtung und haben den gleichen Betrag. Bei der Rotation entstehen keine Momente um den Schwerpunkt des Radsatzes. Er läuft zwar unwuchtig, taumelt aber nicht.

Beim dynamischen Fall zeigen die Vektoren U in beliebige radiale Richtungen und haben unterschiedliche Beträge. Bei der Rotation entstehen auch Momente um den Schwerpunkt des Radsatzes, er läuft unwuchtig und taumelt. Der statische Fall ist damit ein Sonderfall der dynamischen Unwucht.

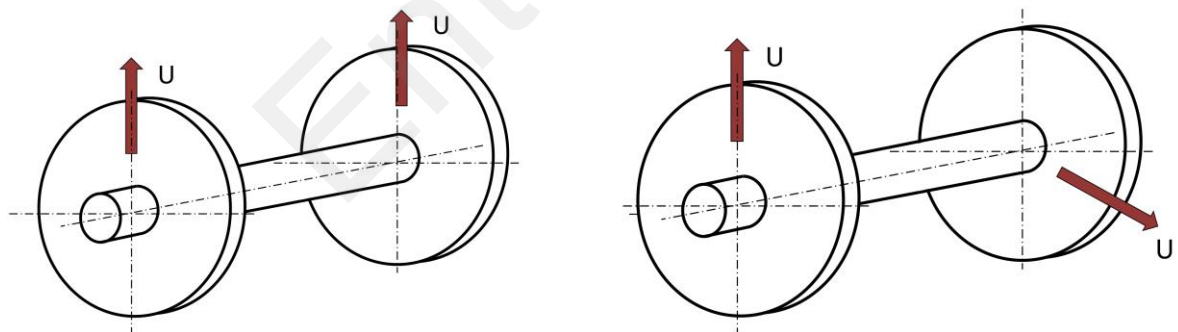


Abb. 14-3.8-2: Abbildung 14-19: statische und dynamische Unwucht.

Das Auswuchten von Radsätzen kann statisch und dynamisch vorgenommen werden. Dabei ist aber zu beachten, dass bei einer statischen Wuchtung der dynamische Effekt nicht kompensiert wird und im Einsatz zu einer höheren Unwucht führt. Dies führt zu niedrigeren zugelassenen statischen Unwuchtwerten. Radsätze für höhere Geschwindigkeiten sind daher immer dynamisch zu wuchten. Ein nicht dynamisch ausgewuchteter Radsatz erzeugt unerwünschte Schwingungen, welche negative Auswirkungen auf Radsatzlager und Fahrkomfort haben.

Die Unwucht wird nicht direkt gemessen, sondern deren Auswirkung auf die Lagerung durch die periodisch pro Umdrehung auftretenden Fliehkräfte F . Da die Kraftmessung zwischen Lagerung und Rotor nur mit entsprechendem Aufwand durch den Einbau von Kraftsensoren möglich ist bleibt diese Messmethode speziellen stationären Messmaschinen vorenthalten.

Moderne Auswuchtmaschinen arbeiten heute wesentlich genauer als es die Vorgaben für Radsätze verlangen. Bei den Messungen ist lediglich zu beachten, dass der Radsatz vollständig zusammengebaut ist und das Auswuchten nachgemäss den zugelassenen Methoden durch Materialabtrag oder Anbringen von Material an der richtigen Stelle erfolgt. Messtechnisch sind keine Probleme zu erwarten.

13.3.9 14.3.9 14.3.9 Elektrischer Widerstand R

Der elektrische Widerstand R eines Radsatzes wird zwischen den zwei Laufflächen der Räder gemessen und in Ohm (Ω) angegeben. Die Messung muss mit einer Genauigkeit bis 0.01 Ohm möglich sein.

Gemessen wird der elektrische Widerstand mit einer Spannung von 1.8 bis 2.0 Volt. Die Kontaktfläche am Radsatz sollte ca. 350 mm² betragen. Diese Fläche repräsentiert etwa die Grösse der Kontaktfläche zwischen Rad und Schiene. Damit wird der Radsatz mit den realen Umgebungsbedingungen geprüft.

Der gemessene Widerstand errechnet sich nach:

$$R = \frac{U}{I}$$

Formel 14.3.9 14.3.9 14.3.9 Ohm'sches Gesetz:

Wobei die Spannung U vorgegeben und der Messstrom I gemessen wird. Der Messstrom kann dabei entsprechend gross werden.

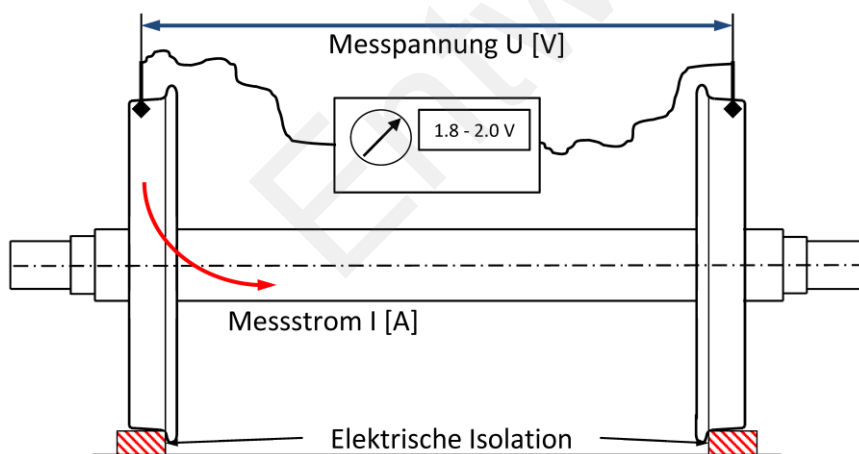


Abb. 14.3.9 14.3.9 14.3.9 Abbildung 14-20: Messen des elektrischen Widerstands eines Radsatzes.

Das Messen des Widerstands erfolgt elektronisch und mit hinreichender Messgenauigkeit. Zu beachten ist bei der Messung, dass die Kontaktflächen zwischen Radsatz und Messanschluss sauber sowie rost- und fettfrei sind und der Radsatz isoliert aufgestellt wird.

Werden diese Regeln beachtet sind bei der Messung keine Probleme zu erwarten.

~~13.3.10~~ **14.3.10** ~~14.3.10~~ **Gewicht m**

Das Gewicht m eines fertig montierten Radsatzes spielt in der Instandhaltung nur eine sehr untergeordnete Rolle. Sollte Bedarf an einer Messung bestehen muss der Anforderer der Messung die Messgenauigkeit spezifizieren, womit dann auch die Messmittel bestimmt werden können.

Das Gewicht eines Radsatzes kann nur in ausgebautem Zustand korrekt festgestellt werden.

~~13.4~~ **14.4** ~~14.4~~ **Messgeräte und Einrichtungen für Messungen am Radsatz**

In diesem Kapitel werden allgemein und nicht abschliessend die gängigen Messgeräte zur Erfassung bestimmter Messgrössen am Radsatz vorgestellt. Die der Messung zugrunde liegenden Methoden und die dabei entstehenden Messungenauigkeiten sind in den vorhergehenden Kapiteln erläutert.

Es ist dem messenden Unternehmen weitgehend freigestellt, mit welcher Messmethode gemessen wird, ~~so lange~~ **solange** die geforderte Messgenauigkeit eingehalten wird. Die verwendeten Messmittel sind dabei zwingend einer systematisch geführten Messmittelüberwachung zu unterwerfen.

Es ist zu beachten, dass die angebotenen Systeme unterschiedliche Voraussetzungen an den Platzbedarf und den zeitlichen Messaufwand stellen sowie unterschiedlich fehler-tolerant bei nicht korrekter Anwendung sind.

Die Abkürzungen der Messgrössen und die zeichnerische Darstellung der Messorte sind in Kapitel ~~3~~ **3** und Abschnitt ~~6.3.26~~ **6.3.2** beschrieben.

~~13.4.1~~ **14.4.1** ~~14.4.1~~ **Kombinierte elektronische Messung**

Die Auswahl der vorgestellten Messmittel in diesem Kapitel beschränkt sich auf die im regulären Einsatz in den Werkstätten stehenden Geräte und Anlagen. Auf grosse, kombinierte elektronische Einrichtungen, die in der Regel stationär installiert sind und diverse Masse beim Überrollen erfassen wird nicht weiter eingegangen. Diese Anlagen stellen einen Sonderfall dar, sind je nach Anforderung des Kunden nahezu beliebig ausbaubar und erfordern sehr grosse Investitionssummen.

~~13.4.1.1~~ **14.4.1.1** ~~14.4.1.1~~ **Messeinrichtungen stationär**

Stationäre Messeinrichtungen sind je nach Hersteller nahezu beliebig ausbaubar und können diverse Grössen, die auch nicht direkt den Radsatz betreffen, beim Überrollen erfassen. Die Investitionssummen sind hoch und jeder Anwender, der eine solche Anlage beschaffen möchte, ist angehalten, dies in einem separaten Projekt zu machen. An dieser Stelle können dazu keine detaillierten Hinweise gegeben werden. Das Durchlauf-Mess-Verfahren ist vor allem zeitlich effizient (Überfahrgeschwindigkeit ca. 10 – 15 km/h). Die Beurteilung der Laufflächenqualität ist aber trotzdem durch einen Facharbeiter vorzunehmen (Abschnitt ~~6.6.2.8~~ **6.6.2.8**).



~~Abb. 14.4.1-1 und Abb. 14.4.1-2: Überfahr-Messeinrichtung für Messungen am Radprofil.~~

~~14.4.1.2 ———— Abbildung 14-21: Überfahr-Messeinrichtung für Messungen am Radprofil~~

~~13.4.1.2~~ **14.4.1.2 Unterflurdrehbank (UFD)**

Bei der Radsatzbearbeitung auf UFD-Maschinen wird in der Regel eine Vielzahl von Messgrößen automatisch erfasst. Bei Messungen am reprofilierten Radsatz ist die Messgenauigkeit aufgrund der sauberen Flächen gut. Zu beachten sind aber die Einspannbedingungen des Radsatzes, was z.B. Abweichungen beim A_R -Mass bedeuten kann.

Hervorzuheben ist die gute und genaue Messung des Laufkreisdurchmessers mittels Abrollverfahren (siehe Abschnitt ~~14.3.3~~). Die Definition des Messbeginns resp. des Messendes erfolgt in der Regel optisch durch eine temporär platzierte Markierung (siehe Bildmitte weisser Punkt).



~~Abb. 14.4.1-3: Abbildung 14-22: Markierung am Rad bei Durchmesser messung auf UFD.~~

13.4.1.3 14.4.1.3 14.4.1.3 Handmessgeräte

Als Handmessgeräte zur Messwerterfassung am Radprofil kommen verschiedene Methoden und Geräte zum Einsatz. Eine nicht abschliessende Auswahl der Geräte wird kurz vorgestellt.

Optisches Lasermessgerät (z.B. Calipri der Firma nextSENSE)

Der Handlaser (Sensor) kann von der Grube unter dem Fahrzeug aus gut angewendet werden und hat eine akustische Führung. Eine erfolgreiche oder fehlerhafte Messung wird akustisch signalisiert. Nach der Messung erscheint das gemessene Radprofil auf dem Bildschirm der Messeinrichtung (Datenschnittstelle). Der Analogie der Ampelfunktion entsprechend erscheint eine Auswertung der Messwerte in grüner, oranger oder roter Farbe. Die Grenzwerte können verschleissorientiert im Gerät hinterlegt werden. Die Messgenauigkeit für die Masse des Radprofils liegt bei ca. 0.2 mm.



Abb. 14.4.1-4: Abbildung 14-23: Handlaser (Sensor-)



Abb. 14.4.1-5: Abbildung 14-24: Datenschnittstelle zu Handlaser-

Die Beurteilung der Lauffläche erfolgt durch das Fachpersonal (Abschnitt 6.6.2.8).

Bei der Messung ist auf ein sauberes Radprofil zu achten sowie die unterschiedlichen Lichteinflüsse zu berücksichtigen. Unter Umständen ist die Verwendung eines Kontrastmittels notwendig.

Mechanisches Handabrollgerät (z.B. MiniProf der Firma Greenwood Engineering)

Das Gerät lässt sich am Radrücken mittels Magneten befestigen. Radial wird die Positionierung mit zwei am Spurkranz anliegenden Bolzen sichergestellt. Für die Aufnahme der Profilgeometrie wird mit dem beweglichen Messbügel manuell die Radprofilfläche abgefahren. Die Darstellung erfolgt auf dem Bildschirm der Messeinrichtung. Die Beurteilung der Lauffläche erfolgt durch das Fachpersonal (Abschnitt 6.6.2.8). Bei der Gerätehandhabung ist auf ein sauberes Radprofil und ein sorgfältiges Abrollen des Messbügels zu achten. Die Laufkreismessung basiert auf dem Sehnenmass und kann aufgrund des geometrischen Spurkranzzustandes mit Massabweichungen behaftet sein (siehe Abschnitt 14.3.3.4). Die Messgenauigkeit für die Masse des Radprofils liegt bei ca. 0.2 mm.



Abb. 14.4.1-6: —Abbildung 14-25:
Mechanisches Abrollmessgerät MiniProf am Rad.



Abb. 14.4.1-7: —Abbildung 14-26:
Datenaufzeichnung und Schnittstelle zu mechanischem Abrollmessgerät

13.4.2 14.4.2 14.4.2 Kombinierte mechanische Messung

Mit dieser Spurkranzmesslehre (zum Beispiel nach Zeichnung SBB WOI 999.30.001.6, siehe Anhang A2.1) ist die Messung der wichtigsten Werte für eine Beurteilung der Radprofilgeometrie möglich (q_R , Sh , Sd). Das Messen mit diesem Gerät bedarf einer gewissen Übung, um die gewünschte Messgenauigkeit zu erzielen. Bei einer korrekten Anwendung liegt die Messgenauigkeit im Bereich 0.3 bis 0.5 mm.

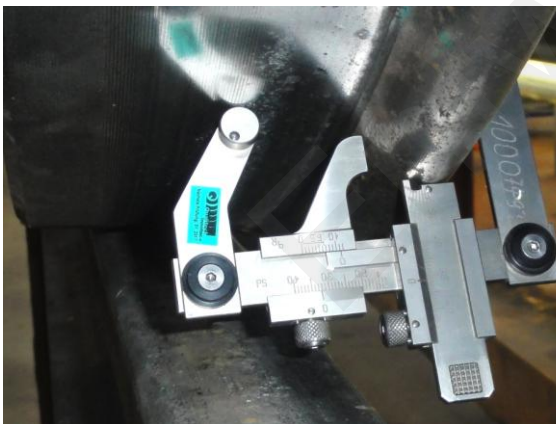


Abb. 14.4.2-1: —Abbildung 14-27:
Spurkranzmesslehre nachgemäss SBB-Zeichnung



Abb. 14.4.2-2: —Abbildung 14-28:
Spurkranzmesslehre System Talgo

13.4.3 14.4.3 Messung einzelner Masse und Grössen

Alle am Radprofil und am Radsatz relevanten Werte sind in der Regel separat erfassbar. Vielfach ist es ausreichend, diese Werte auch tatsächlich nur einzeln zu erfassen. Unter das Messen einzelner Masse und Grössen fällt die separate Erfassung folgender Werte:

- Spurkranzdicke S_d [mm]
- Spurkranzhöhe Sh [mm]
- Flankensteilheit q_R [-]
- Radkranzbreite B_R [mm]
- Auswalzung a [mm]
- Hohllauf h [mm]
- Radrückenabstand A_R [mm]
- Spurmass S_R [mm]
- Raddurchmesser D [mm]
- Radreifendicke b [mm] (bei Rädern mit Radreifen)
- Hohllauf bei Bremsscheiben [mm]
- Rundlauf H [mm]
- Planlauf G [mm]
- Unwucht U [gm]
- Elektrischer Widerstand R [Ohm]
- Masse m [kg]

Das Messen oder Lehren der Grössen Spurkranzdicke S_d , Spurkranzhöhe Sh , Flankensteilheit q_R , Radkranzbreite B_R , Auswalzung a und Hohllauf h wurde in den vorhergehenden Abschnitten ausführlich beschrieben. In der Regel werden für die Einzelwerterfassung die vorhandenen Kombigeräte verwendet, aber nur die relevante Grösse aufgezeichnet. Darauf soll hier nicht weiter eingegangen werden.

13.4.3.1 14.4.3.1 Radrückenabstand A_R [mm]

Das Messen des Radrückenabstands A_R erfolgt mittels eines Innenabstand-Messgerätes, das sowohl rein mechanisch als auch elektronisch unterstützt sein kann.

Mechanische Messgeräte werden entweder mit einem Federmechanismus zwischen die Räder gespannt und dann der kleinste Wert abgelesen oder in ihrer Länge soweit verändert, bis sie leicht klemmen. Bei beiden Methoden ist sind Gefühl und eine aufmerksame Beobachtung des sich verändernden Messwertes beim Bediener gefragt.

Rein elektronisch-optische Geräte messen eine Referenzdistanz einer zwischen die Räder geklemmten Lehre. Auch dabei ist beim Anbringen der Lehre die richtige Position massgebend.

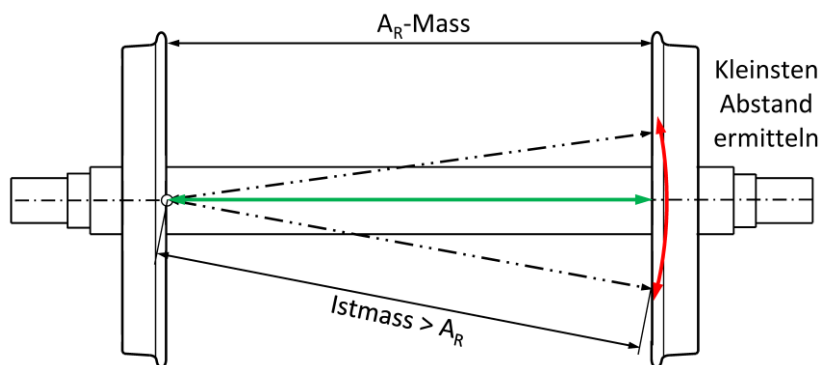


Abb. 14.4.3 1: Abbildung 14-29: Messen des A_R -Masses mit mechanischen Messmitteln-

Diese Messung ist notwendig nach R0 und bei neu gefügten Radsätzen. Dabei ist ein Messwert ausreichend. Nach Entgleisungen und thermischer Schädigung der Räder ist die Messung des A_R -Masses an 3 um 120° versetzten Punkten auszuführen (siehe auch Abschnitt [6.6.1.7](#)).

Auch bei der Radprofilmessung ist eine Messung des A_R -Masses empfehlenswert, oder aber in Abhängigkeit der S_d -Messung durchführen. Das A_R -Mass bildet hierbei die Berechnungsgrundlage für das Spurmasse S_R (siehe auch Abschnitt [8.2.1.2](#)).



Abb. 14.4.3-2: Abbildung 14-30:
Messen A_R -Mass am eingebauten Radsatz-



Abb. 14.4.3-3: Abbildung 14-31:
Messen A_R -Mass am ausgebauten Radsatz



Abbildung 14-32:
Messgerät mit direkter Ablesung des Radinnenab-
standes A_R :
Beweglicher Messkopf links.



Abbildung 14-33:
Messgerät mit direkter Ablesung des Radinnenab-
standes A_R :
Fester Messkopf rechts.



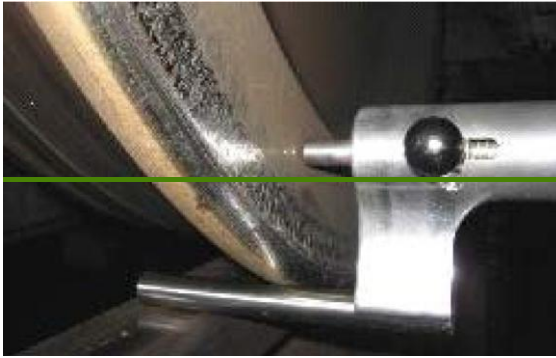


Abb. 14.4.3-4: Messgerät mit direkter Ablesung des Radinnenabstandes A_R :
Beweglicher Messkopf links.

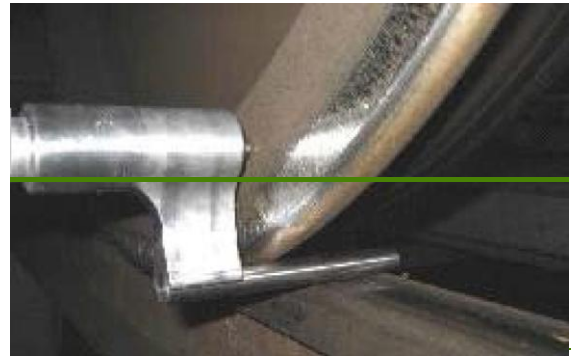


Abb. 14.4.3-5: Messgerät mit direkter Ablesung des Radinnenabstandes A_R :
Fester Messkopf rechts.

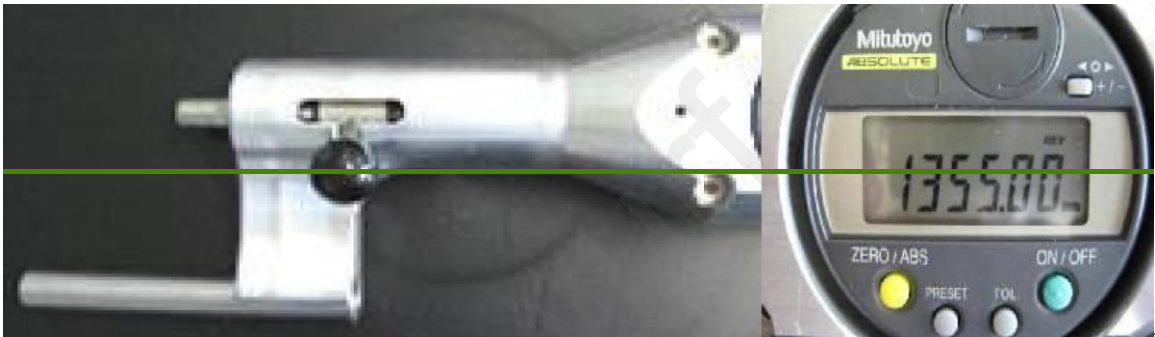


Abb. 14.4.3-6: Messgerät mit direkter Ablesung des Radinnenabstandes A_R : Messkopf links, Digitalanzeige.

14.4.3.2 — Abbildung 14-34: Messgerät mit direkter Ablesung des Radinnenabstandes AR:
Messkopf links, Digitalanzeige

13.4.3.14.4.3.2 Spurmass S_R [mm]

Wie im Abschnitt 414.3.2 ausgeführt ist es nicht sehr empfehlenswert, das Spurmass S_R als Einzelmass zu messen. Hier bietet sich an, die Spurkranzdicken S_d und das A_R -Mass zu messen und damit das Spurmass S_R gemäss Abschnitt 414.3.2 zu berechnen.

13.4.3.14.4.3.3 14.4.3.3 Raddurchmesser D [mm]

Das Messen des Raddurchmessers ist wie bereits beschrieben (siehe Abschnitt 14.3.3) mit zahlreichen Problemen behaftet. Fast alle Methoden zur schnellen Erfassung des Raddurchmessers als Einzelmass bedienen sich dabei der Sehnennessmethode. Die damit erzielbare Genauigkeit wurde hinreichend erläutert. Die Messung mittels Umschlingung darf als Exot gelten, die Abrollmethode wird zur Einzelmessung selten angewendet.

Marktübliche Radprofil-Messgeräte lassen sich mit Zusatzeinrichtungen ergänzen, um den Laufkreisdurchmesser messen zu können. Zur Verringerung der Messungenauigkeit werden die Zusatzeinrichtungen für verschiedene Durchmesserbereiche angeboten.



Abb. 14.4.3-7: Abbildung 14-35:
Messen des Raddurchmessers mit
optischem Messgerät (Calipri Wheel)



Abb. 14.4.3-8: Abbildung 14-36:
Messen des Raddurchmessers mit
Sehnennessgerät

13.4.3.14.4.3.4 14.4.3.4 Radreifendicke b bei Rädern mit Radreifen

Die Messung der Radreifendicke mit mechanischen Messmitteln unter Zuhilfenahme von fragwürdigen Bezugsflächen (siehe Abschnitt 14.3.4) wird nicht empfohlen und hier nicht weiter beschrieben. Die einzige korrekt anwendbare Messmethode ist mittels Ultraschall (z.B. Messgeräte der Firma Krautkramer).

Mit solchen Messgeräten lässt sich von der Lauffläche her die Radreifendicke bestimmen. Um eine korrektes Ergebnis zu erzielen ist in Abhängigkeit der Materialqualität des Radreifens und des Messbereichs von ca. 30 bis 60 mm das Gerät vor und nach dem Messen zu kalibrieren.

Beim Messen ist folgendes Vorgehen zu beachten:

- Am Radreifen ist auf der Lauffläche die Messbasis auf ca. 200 mm Länge an zu zeichnen. Es wird in der Regel ein Abstand vom Radrücken von 80 mm angewendet. Dies entspricht dem Bereich mit dem erwarteten grössten Verschleiss und nicht der Messkreisebene.

- Im Abstand von ca. 50 bis 100 mm sind mindestens 2 Messpunkte zu bestimmen, an denen das Ankoppelmittel aufgetragen wird. Der Einsatz des korrekten Ankoppelmittels ist zwingend notwendig.
- Das Messgerät ist an einem für die Messaufgabe passenden Kalibrierstück zu kalibrieren.
- Der Messkopf wird mit leichtem Druck an den Stellen mit Ankoppelmittel angesetzt. Wenn das Gerät eine gute Schallübertragung signalisiert, kann das Messergebnis als gültig betrachtet und protokolliert werden.
- Werden bei zwei Messungen Differenzen kleiner ± 0.2 mm ermittelt, so ist die Messung gültig. Bei grösseren Abweichungen sind weitere Messungen durchzuführen.
- Es ist der kleinste aller gültigen gemessenen Werte massgebend.

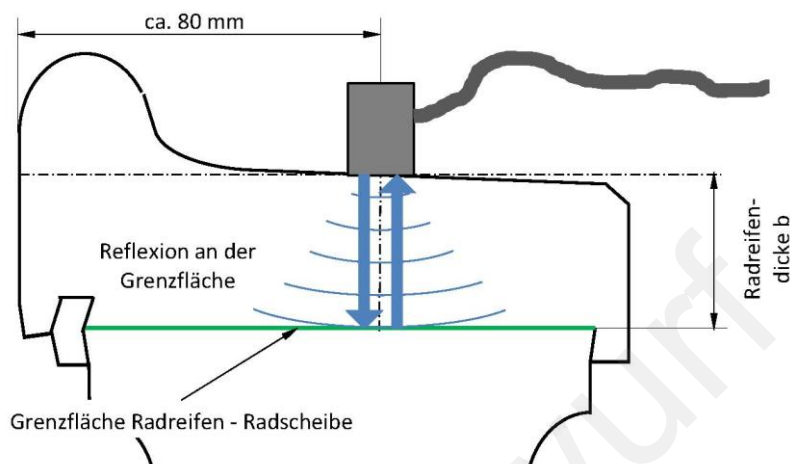
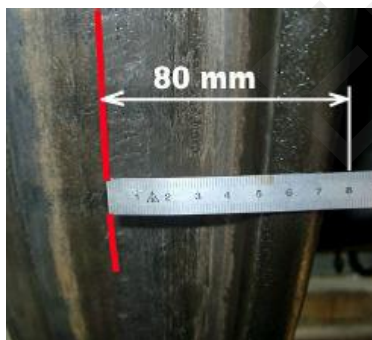


Abb. 14.4.3-9:

Abbildung 14-37: Messprinzip Radreifendickenmessung mit Ultraschall-



Messbasis anzeichnen



Ankoppelmittel auftragen



Messen

Abb. 14.4.3-10 bis Abb. 14.4.3-12: Vorgehen bei der Messung der Radreifendicke.

14.4.3.5 — Abbildung 14-38: Vorgehen bei der Messung der Radreifendicke

13.4.3.5 14.4.3.5 **Hohllauf und Restdicke bei Bremsscheiben [mm]**

Die Hohllauf- und Restdickenmessung bei Bremsscheiben kann mechanisch und optisch durchgeführt werden. Dabei gelten die Vorgaben gemäss Abschnitt 14.3.5 14.3.5.

Als Beurteilungskriterium für die Restlaufleistung ist ~~die minimale~~ die minimale Restdicke der Reibflächen einer Bremsscheibe heranzuziehen, wobei der kleinste Wert der beiden Messwerte massgebend ist. Damit wird auch ein stark asymmetrischer Verschleiss der Bremsscheiben abgedeckt.

Erfolgt die Abnützung der Reibflächen annähernd symmetrisch kann als Beurteilungskriterium die Bremsscheibendicke herangezogen werden, die recht einfach mechanisch messbar ist.

Welches Beurteilungskriterium im Betrieb angewendet wird entscheidet der Fahrzeughalter bzw. ECM A1 auf Basis der Betriebserfahrung.

13.4.3.5 14.4.3.5.1 14.4.3.5.1 **Optische Messung (z.B. Calipri)**

Mittels optischer Abtastung der Reibfläche lassen sich die Extremwerte von Hohllauf und Restdicke der Reibfläche an Rad- und Wellenbremsscheiben messen, wobei die Restdicke der Reibflächen indirekt über die Verschleissmarke unter Berücksichtigung des Hohllaufs ermittelt wird. Gleiches gilt für die Ermittlung der Bremsscheibendicke, die ebenfalls berechnet wird.



Abb. 14.4.3-13: Abbildung 14-39: Optisches Messen des Hohllaufs an einer Wellenbremsscheibe.

Das gemessene Bremsflächenprofil wird auf dem Bildschirm des Messsystems dargestellt. Der Analogie der Ampelfunktion entsprechend erscheint eine Auswertung der Messwerte in grüner, oranger oder roter Farbe. Die Grenzwerte können verschleissorientiert im Gerät hinterlegt werden. Die Messgenauigkeit liegt bei ca. 0.2 mm.

Bremsflächen mit polierter, hochglänzender Fläche können bei der Messung durch Reflexion Probleme bereiten. In diesem Fall muss der Messbereich mit einem Kontrastmittel behandelt werden.

13.4.3.5 14.4.3.5.2 14.4.3.5.2 **Mechanische Messung**

Der Hohllauf kann mittels Richtstab und Fühlerlehre gemessen werden. Vorrichtungen mit aufgesetztem Tiefenmass sind ebenfalls im Einsatz. Hierbei bestimmt der vorhandene Platz die Dimension und Art des verwendeten Messmittels. Auch hier ist der gemessene Hohllauf in Zusammenhang mit der Verschleissmarke die Basis zur Berechnung der Restdicke der Reibflächen.

Unter der Voraussetzung, dass die Abnützung der beiden Reibflächen annähernd symmetrisch erfolgt, kann mittels spezieller Messschieber die Bremsscheiben-Restdicke hinreichend genau gemessen und als Beurteilungskriterium für die Restlaufleistung verwendet werden.

Allen mechanischen Messmitteln eigen sind die bekannten Messfehler durch unsauberes Ansetzen und Verkanten sowie zum Teil die Benützung nicht ganz korrekter Bezugspunkte.



~~Abb. 14.4.3.14:~~ Abbildung 14-40:
Messen der Bremsscheiben-Restdicke mit Spezial-Messschieber.



~~Abb. 14.4.3.15:~~ Abbildung 14-41:
Bestimmen des Hohlbaus mittels Richtstab und Fühlerlehre.

~~13.4.3.6~~ 14.4.3.6 Rundlauf

Der Rundlauf wird in der Regel, sofern er nicht mit einer kombinierten Methode gemessen wird (z.B. auf UFD) mit Hilfe einer in der Messkreisebene angelegten Messuhr gemessen, wobei der Radsatz langsam gedreht wird. Als Messergebnis wird die Differenz zwischen dem grössten und kleinsten Messwert pro Rad genommen. Bei Messungen mit analogen Messuhren kann dabei eine tendenzielle Aussage über die Form der Unrundheit gemacht werden (z.B. singuläre Abplattung, Polygon niedriger Ordnung). Als Messwert ist jedoch nur ein Wert pro Rad zu protokollieren, der damit eine weitere Aussage liefert. Diese Messmethode eignet sich eher für frisch reprofilierte Radsätze, da dort mit Exzentrizitäten und nicht mit Polygonen oder anderen Rundlaufschäden zu rechnen ist.

Zu beachten ist bei der Messung die Situation des Radsatzes gemäss Abschnitt ~~14.3.6.~~ 14.3.6.

Rundlaufmessungen mit dem UFD beinhalten in der Regel nur wenige Messpunkte. Fallen diese zudem noch in den Bereich von Ausbröckelungen oder Flachstellen ist die Aussagekraft des Messwerts nur bedingt realistisch. Werden genauere Aufzeichnungen über die Form des Rundlaufs benötigt ist eine Messung an mehreren Punkten über den Umfang verteilt notwendig (siehe Abschnitt ~~14.3.6.~~ 14.3.6.). Dies ist bis zu einer gewissen Anzahl ebenfalls mit Messuhren möglich, für genauere Aufzeichnungen aber zu ungenau und zu zeitintensiv.

Um Unrundheiten und Polygonbildungen im Betrieb erfassen zu können ist eine weitgehend kontinuierliche Abtastung über den Umfang notwendig. Dazu gibt es verschiedene Einrichtungen, die je nach Anwendungsfall eingesetzt werden.

Fest im Gleis installierte Anlagen erfassen die Unrundheit neben anderen Messwerten während dem Überrollen durch das Rad. Solche Anlagen sind kostenintensiv und dienen vorrangig der generellen Überwachung von Zügen im Betrieb. Solche Anlagen werden z.B. von der Firma Hegenscheidt vertrieben. Sie werden oft zusammen mit Systemen zur

Radlastmessung kombiniert, um Fahrzeuge mit betriebskritischem Zustand zu erkennen und aus dem Betrieb nehmen zu können.

Die Messmethoden dieser Anlagen sind sehr unterschiedlich. Messungen mittels mechanischem durch mechanisches und optischem optisches Abtasten sowie Berechnungen auf der Basis gemessener Beschleunigungen sind möglich. Über die Einsatzmethoden und die erzielten Genauigkeiten gibt der jeweilige Hersteller Auskunft.

Mobile Messeinrichtungen zum genauen Erfassen und Aufzeichnen der Radunrundheit sind zum Nachmessen für einzelne Radsätze im ein- oder ausgebauten Zustand konzipiert. Mit ihnen kann die Unrundheit und Polygonausformung mit grosser Präzision erfasst werden. Sie eignen sich in erster Linie zur Verfolgung von Unrundheitsentwicklungen und Polygonbildung und nicht zur generellen Messung an allen Fahrzeugen. Ein dafür entwickeltes Gerät älterer Bauart ist nachfolgend abgebildet. Es wird mindestens alle 5 mm am Umfang ein auswertbarer Messwert erfasst, die Auflösung im Radius liegt im Hundertstelbereich.

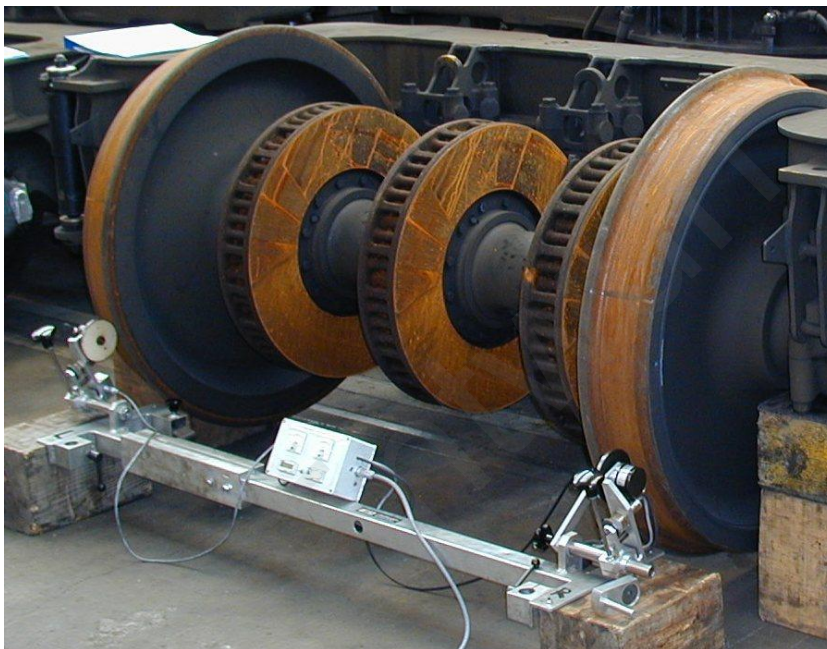


Abb. 14.4.3 16: Abbildung 14_42: Messvorrichtung zur Messung von Radunrundheiten-

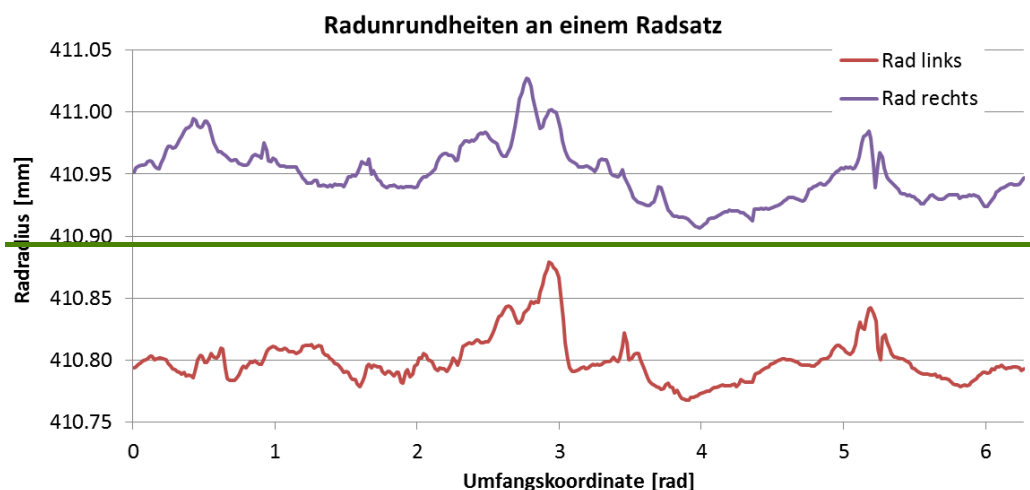


Abb.

14.4.3-17:

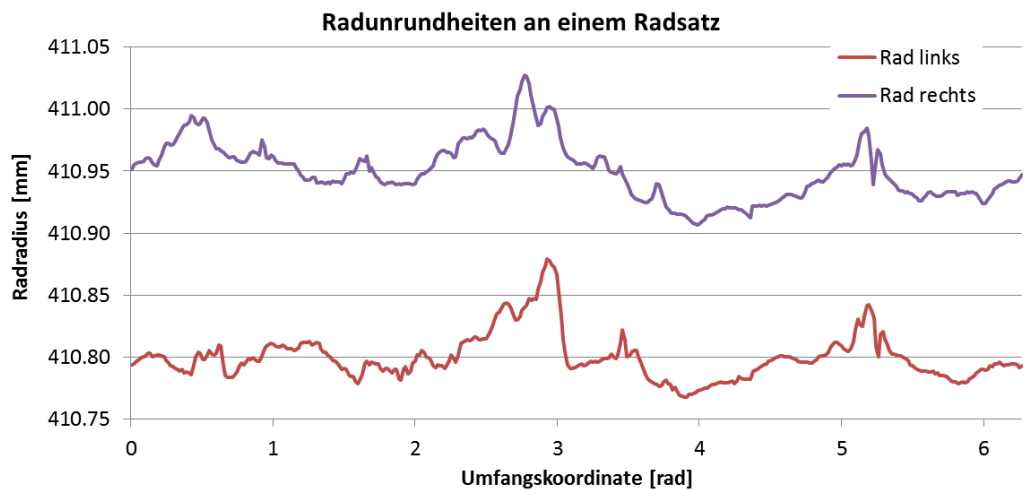


Abbildung 14_43: Messergebnis einer Unrundheitsmessung an einem Radsatz.

13.4.3.7 14.4.3.7 Planlauf

Die Messung des Planlaufs als Einzelmess wird in der Regel mit am Radrücken angelegter Messuhr mittels Durchdrehen des Radsatzes gemessen. Als Messergebnis wird die Differenz zwischen dem grössten und kleinsten Messwert pro Rad genommen. Bei Messungen mit analogen Messuhren kann dabei eine tendenzielle Aussage über die Form des Planlaufs gemacht werden.

Da der Planlauf von Rädern unabhängig vom Verschleiss ist und sich die Radscheiben in der Regel nicht verformen ist eine Aussage über den Planlauf mit der Angabe der Differenz zwischen dem grössten und kleinsten Messwert pro Radscheibe ausreichend. Eine Angabe mehrerer Messwerte verteilt am Radumfang ist nicht notwendig.

13.4.3.8 14.4.3.8 Unwucht

Die Unwucht eines Radsatzes wird in der Regel nach dessen Bearbeitung anlässlich der schweren Instandhaltung oder Neufertigung gemessen. Dies ist nur im ausgebauten Zustand möglich und bedingt den Einsatz spezieller Messvorrichtungen. Im Betrieb wird keine Messung der Unwucht durchgeführt.

Zu den Theorien hinter der Unwucht gibt Abschnitt 14.3.8 Auskunft. Verschiedene Hersteller bieten entsprechend ausgerüstete Maschinen an, um diese Messungen seriös ausführen zu können.



~~Abb. 14.4.3-18: Abbildung 14-44: Auswuchtmaschine für dynamisches Auswuchten.~~

~~13.4.3.9~~ **14.4.3.9 Elektrischer Widerstand**

Der elektrische Widerstand am Radsatz (siehe auch Abschnitt ~~14.3.9~~ 14.3.9) muss nach dem Fügen von Radsätzen nachgewiesen werden, wenn folgende Bauteile neu montiert wurden:

- Vollrad auf Welle
- Radkörper auf Welle
- Radreifen auf Radkörper

Das Einhalten der vorgeschriebenen Widerstandswerte ist zwingend, um sicher zu stellen, dass die in der Sicherungstechnik verwendeten Gleisstromkreise zur Gleisfreimeldung korrekt ansprechen. Ein Radsatz, der die Vorgaben nicht erfüllt, darf nicht in den Betrieb gegeben werden.

Folgende Grenzwerte für den maximal zulässigen elektrischen Widerstand zwischen den Laufflächen eines Radsatzes gelten:

- 0.01 Ohm für neugefügte Einheiten
- 0.10 Ohm für Einheiten im Betriebseinsatz

Die Messung wird mit einem geeigneten Gerät ausgeführt, dass in der Lage ist, den Widerstand mit einer Gleichstrom-Speisespannung zu messen.

Die Kontaktelemente zur Ankoppelung an die Laufflächen sollten eine Kontaktfläche von mindestens 350 mm² aufweisen und zur einfacheren Ankoppelung magnetisch sein.

Der Radsatz muss für die Messung vollständig elektrisch isoliert aufgestellt werden.

Die Durchführung der Messung wird am Radsatz nicht gekennzeichnet.



~~Abb. 14.4.3-19: Abbildung 14-45: Messaufbau zur Widerstandsmessung am Radsatz.~~

~~14~~~~15~~ **Besonderheiten der Radsatzinstandhaltung**

~~14.1~~~~15.1~~ **Aufpresskräfte und Arbeitsweise bei der Montage von Vollrädern und Radnaben**

Das Fügen von Radsatzwelle und Radkörper ist ein komplexer Bearbeitungsvorgang mit hohen Ansprüchen an die Qualität des Endproduktes. Die Güte der Welle-Nabe Verbindung ist entscheidend für den betriebssicheren Zustand der Radsätze.

Massgeblich für Gestaltung und Montageverfahren sind die Norm SN EN 13260, sowie teilweise für ältere Radsätze das UIC-Merkblatt 813. Diese Dokumente legen die wichtigsten Anforderungen an Montagekräfte, Prüfkkräfte (Gegendruck) und Pressübermasse fest. Die wesentlichsten Punkte können aus diesen Dokumenten entnommen werden und gelangen hier nicht wiederholt zur Darstellung. Dagegen soll auf die Umsetzung in der Praxis, sowie auf einige abweichende schweizerische Besonderheiten hingewiesen werden.

Folgende Gestaltungstypen und Montageformen sind für die Welle-Nabe Verbindung verbreitet:

- Sitze mit konischen Passflächen (Konizität 1:300 bis 1:500~~;-)~~)
- Sitze mit zylindrischen Passflächen~~;~~
- Montage der Radkörper durch Aufpressen im kalten Zustand~~;~~
- Montage der Radkörper durch Aufschumpfen vorgewärmter Radkörper~~;~~
- Montage der Radkörper durch Klebschumpfen der vorgewärmten Radkörper~~;~~
- Montage der Radkörper durch Ölweiteverfahren (Ölpressverband~~;-)~~)

Neue Radsatztypen sind nur noch nachgemäss den Vorgaben der SN EN 13260 zu gestalten, bevorzugt mit konischen oder zylindrischen Passflächen, die sich für das Aufpressen der Radkörper im kalten Zustand eignen.

Radsatztypen der älteren Bestandesflotten sind nachgemäss den zugrundeliegenden Dokumenten oder Werkstückzeichnungen zu behandeln.

Es ist davon abzuraten, die Vorgaben bezüglich Montagekräften und Passübermassen der SN EN 13260 oder des UIC-Merkblattes 813 auf Radsätze anzuwenden, die nicht nachgemäss deren Gestaltungsgrundlagen ausgelegt worden sind. Auskunft dazu gibt die Montage- und Einzelteilzeichnung, welche auf die jeweils gültige Norm hinweist, oder aber einen Hinweis zu den Montagekräften oder Passübermassen gibt. Auch Instandhaltungsdokumente des Fahrzeug- oder Komponentenherstellers können dazu Angaben enthalten.

Für Fahrzeuge mit internationalem Einsatz ist oftmals die Einhaltung der SN EN 13260 bezüglich Passübermassen und Montagekräften notwendig. Wird diese Norm auf ältere Radsätze angewendet, muss geprüft werden, ob die Bauteile sich für die vorgeschriebenen Passübermassen und Montagekräfte eignen. Die diesbezüglichen Vorgaben der SN EN 13260 sind oftmals höher als in älteren Grundlagen, so dass die Spannungen in den Bauteilen zu hohe Werte erreichen können, wenn die Vorgaben der SN EN 13260 ungeprüft übernommen werden.

|

Entwurf

14.1.115.1.1 15.1.1 Aufpressen von Radkörpern und Vollrädern im kalten Zustand

Die Montage der Radkörper oder Vollräder durch Aufpressen im kalten Zustand ist eine handwerklich sehr anspruchsvolle Tätigkeit. Das zuverlässige Einhalten der geforderten minimalen und maximalen Montagekraft erfordert regelmässige Tätigkeit der entsprechenden Mitarbeiter in diesem Bereich, sowie erhöhte Sensibilität für die nicht normativ abgedeckten Parameter, welche den Prozess beeinflussen. Das Zusammenspiel aller Einflussgrössen ist nicht restlos erforscht, daher kommt der praxisnahen Beobachtung und Einflussnahme eine grosse Bedeutung zu, wenn der Montageprozess eine hohe Erfolgsquote aufweisen soll.

Folgende Einflussgrössen sind massgebend und beeinflussen den Prozess wie folgt:

- Oberflächenrauigkeit der Passflächen: möglichst konstante Werte führen zu besserer Prozesssicherheit.
- Vorbereitung der Oberfläche von Passflächen: besonders bei Wiederverwendung von Radsatzwellen muss die Sitzfläche möglichst gleichmässig vorbereitet werden. Schleifpapier oder Schleifvlies mit maximaler Körnung P80 verwenden und systematische Kraft/Flächenpressung anstreben; systematische Anzahl Hiebe/Bewegungen, Ausrichtung Schliffbild und Anschliffmethoden dürfen keine Störung bei der MT-Prüfung verursachen. Dies, das muss durch praktische Versuche bestätigt werden.
- Schmiermittelmenge: Möglichst konstante Schmiermittelmengen sind günstig.
- Typ Schmiermittel: Möglichst immer gleiches Schmiermittel verwenden. bevorzugt sollte heute für alle Bauarten eine Montagepaste mit Molybdändisulfid (MoS_2) verwendet werden. damit kann die Tribokorrosion zwischen den Fügeflächen wirksam verhindert werden. Talg, Leinöl und deren Mischungen verhindern dies nicht zuverlässig.
- Schmiermittelauftrag: Das Schmiermittel sollte immer mit dem gleichen Werkzeug aufgetragen werden. mögliche Werkzeuge: Pinsel, Gummihandschuhe, Stofflappen, Lederlappen, Roller und Schwamm.
- Passübermasse: Möglichst gleichmässige Passübermasse beeinflussen den Prozess günstig. Daher ist die Vorgabe für Messung und Dokumentation der Passübermasse und Sitzdurchmesser auch ein wichtiger Anhaltspunkt zur Steuerung des Montagevorgangs.
- Pressgeschwindigkeit: Eine variable Pressgeschwindigkeit erlaubt die Einflussnahme während des Aufpressprozesses, wenn der Kraftaufbau vermuten lässt, dass die angestrebten Montagekräfte nicht erreicht oder überschritten werden. Die Geschwindigkeit soll im Bereich 30 mm/min bis 300 mm/min liegen. Höhere Geschwindigkeiten ergeben niedrigere Endkräfte, niedrigere Geschwindigkeiten dagegen höhere Endkräfte.
- Die variable Pressgeschwindigkeit ist weder in der SN EN 13260 noch in der UIC 813 erwähnt, aber auch nicht explizit verboten und ist nicht nur eine schweizerische Spezialität.
- Unterschiedliche geometrische Gestaltungen der Nabenpartien führen zu unterschiedlichem Verhalten der Radkörper beim Aufpressen. Besonders für dünnwandige Nabenpartien moderner Konstruktion kann es unumgänglich sein, das, dass maximal erlaubte Passübermass zu beschränken, da sonst plastisch-elastische Deformationen der Nabe auftreten können (Paaren von kleinster Bohrung und grösster Welle vermeiden).
- Die konzentrische Ausrichtung der Bauteile: diese kann durch Zentrierbüchsen erfolgen. Bei konischen Passflächen ist oftmals die Ausrichtung über die Passflächen zu erreichen, da die Massverhältnisse ein kraftloses Aufschieben der Radkörper auf die Radsatzwelle auf einer gewissen Sitzlänge ermöglichen.

Für das Aufpressen von Radkörpern werden im Allgemeinen spezialisierte Radsatzpressen verwendet. Diese sind so konzipiert, dass die Einhaltung der geometrischen Montage toleranzen von der Maschine gesteuert wird. Sie bieten auch die notwendigen Auf zeichnungs- und Dokumentationsmöglichkeiten für den Verlauf des Montageprozesses.



Abb. 15.1.1-1: Abbildung 15-1: Radsatzpresse

Die geometrischen Montagepositionen der aufzupressenden Bauteile können auch durch die Verwendung von Anschlagbüchsen erreicht werden. Voraussetzung dafür ist jedoch eine genügend genaue Tolerierung der axialen Längenmasse an der Radsatzwelle und dem Radkörper. Fehlt auf der Bauteilzeichnung die Toleranz für das A_R -Mass so können die Werte aus Abschnitt 6.6.1.7/6.1.7 verwendet werden.

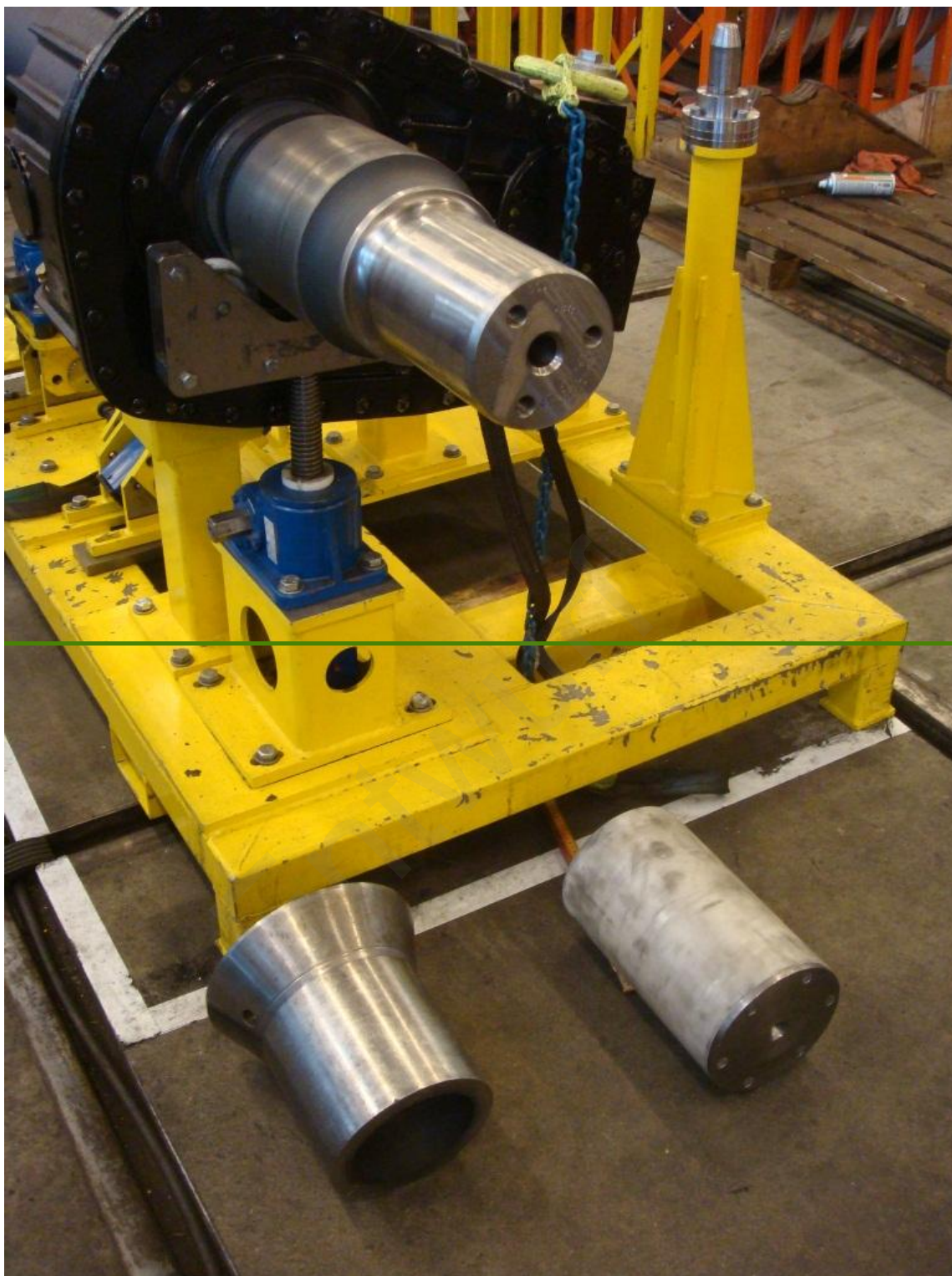


Abb.

15.1.1-2:

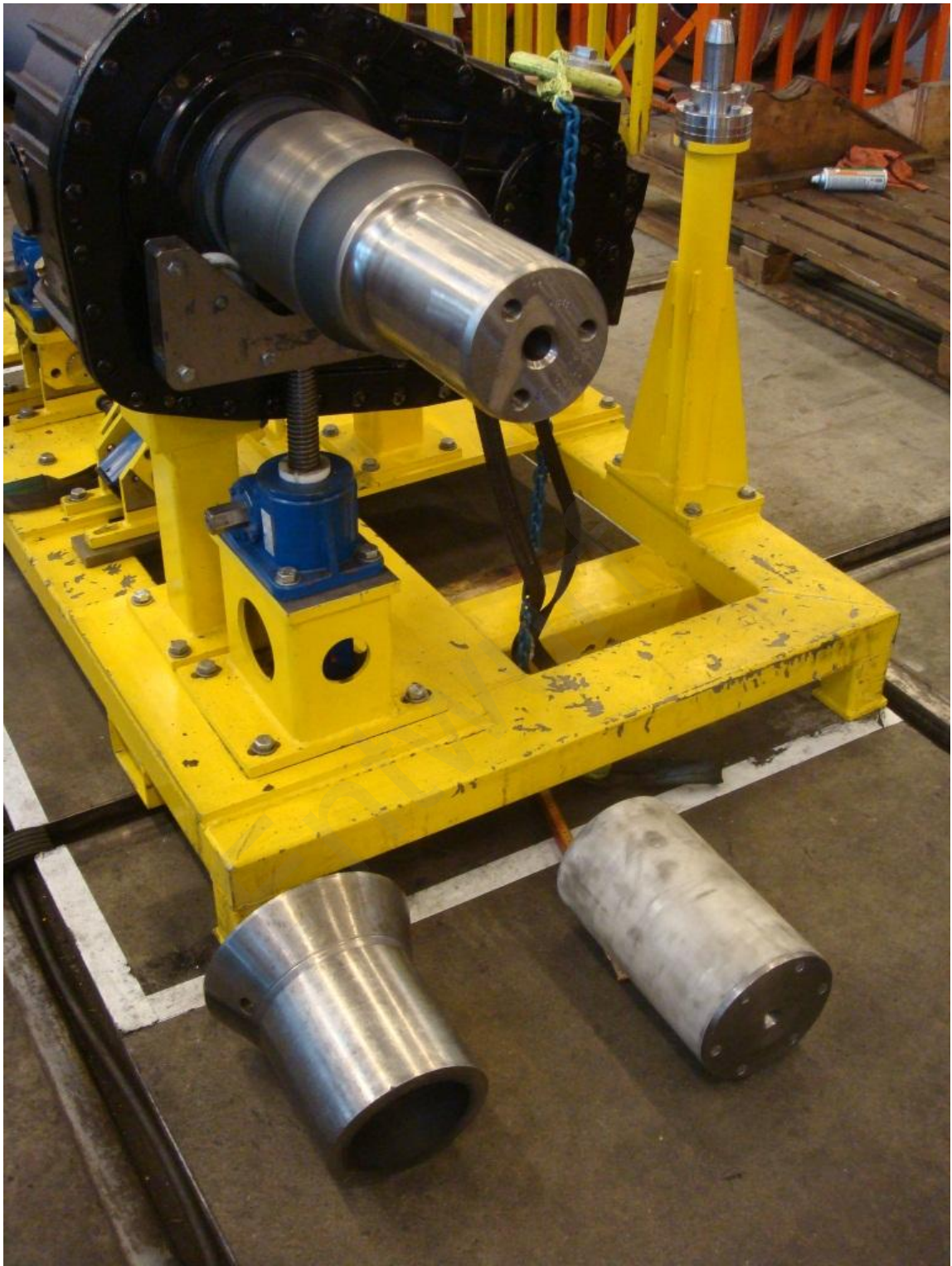


Abbildung 15-2: Montagebüchsen

In jedem Fall muss darauf geachtet werden, dass die Naben der Radkörper über das Sitzende der Welle gegen den Wellenschaft leicht überstehen, mindestens aber bündig sind. Bei zurückstehender Nabe kann eine Rissinitiierung in der Radsatzwelle die Folge sein, da örtlich erhöhte Spannungen auftreten und damit der vorteilhafte Einfluss des Übergangsradius auf die Spannungsverteilung verloren geht. Dieses Detail ist besonders bei älteren Radsatztypen zu beachten, wobei nötigenfalls die Naben- und Wellenmasse so anzupassen sind, dass ein Nabenüberstand zu Stande kommt.

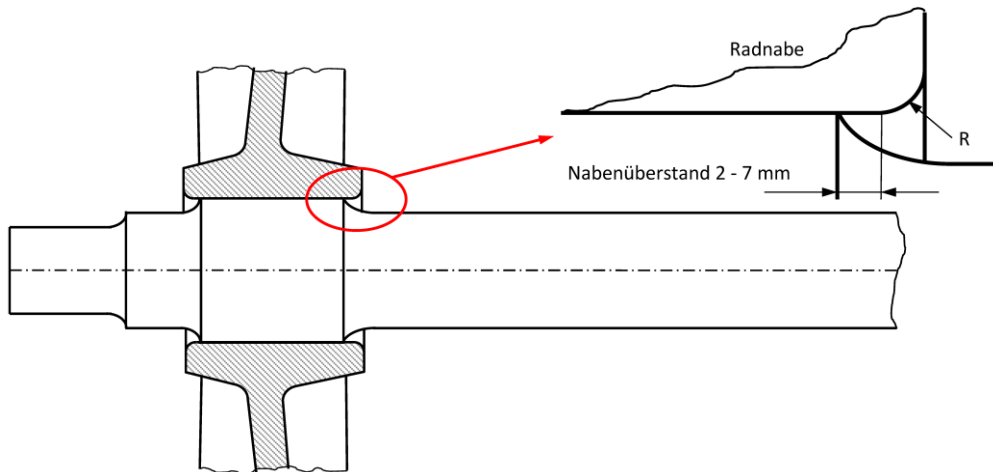


Abb. 15.1.1-3: Abbildung 15-3: Definition Nabenüberstand gemäss SN EN 13103 / ~~SN EN 13104~~.

~~15-1~~

~~14.1.2~~ **15.1.2 -2 Qualitätsprüfung der kalt montierten Radkörper und Vollräder**

Die Güte der Wellen-Naben Verbindung wird anhand der Endaufpresskraft und dem Kraftverlauf während des Fügevorgangs beurteilt. Das Prüfergebnis kann sein:

- Endaufpresskraft und Druckverlauf sind entsprechend den Vorgaben:
→ Radsatz in Ordnung-
- Druckverlauf in Ordnung aber Endaufpresskraft maximal 10 % abweichend von Minimal- oder Maximalwert:
→ Radsatz in Ordnung mit bestandener Gegendruckprüfung-
- Endaufpresskraft oder Druckverlauf nicht konform:
→ Demontage des Radkörpers-

Die Gegendruckprüfung von Radsätzen mit einer bis zu 10 % gegen unten abweichenden Endaufpresskraft ist eine langjährig bewährte schweizerische Besonderheit, die weder in der UIC 813 noch der SN EN 13260 explizit vorgesehen ist.

Folgende Beispiele bezüglich Druckverlauf und Montagekraft werden als Kriterien für die Qualitätsprüfung angewendet. Die darin vorkommenden Abkürzungen bedeuten:

P_F [kN]	Montagekraft allgemein-
P_{Fmax} [kN]	Maximale Montagekraft, die während der Montage erreicht wird-
P_{Fe} [kN]	Montagekraft am Ende des Montageverlaufs-
F_{max} [kN]	Maximal zulässige Montagekraft <u>nachgemäss</u> Bauteilzeichnung-
F_{min} [kN]	Minimal zulässige Montagekraft <u>nachgemäss</u> Bauteilzeichnung-
S [mm]	Aufpressweg

Nachstehend als «nicht konform» bezeichnete Kraftverläufe des Aufpressvorgangs ziehen die Demontage des Radkörpers nach sich.

Entwurf

14.1.2.1 15.1.2.1 15.1.2.1 Abfall der Montagekraft P_F

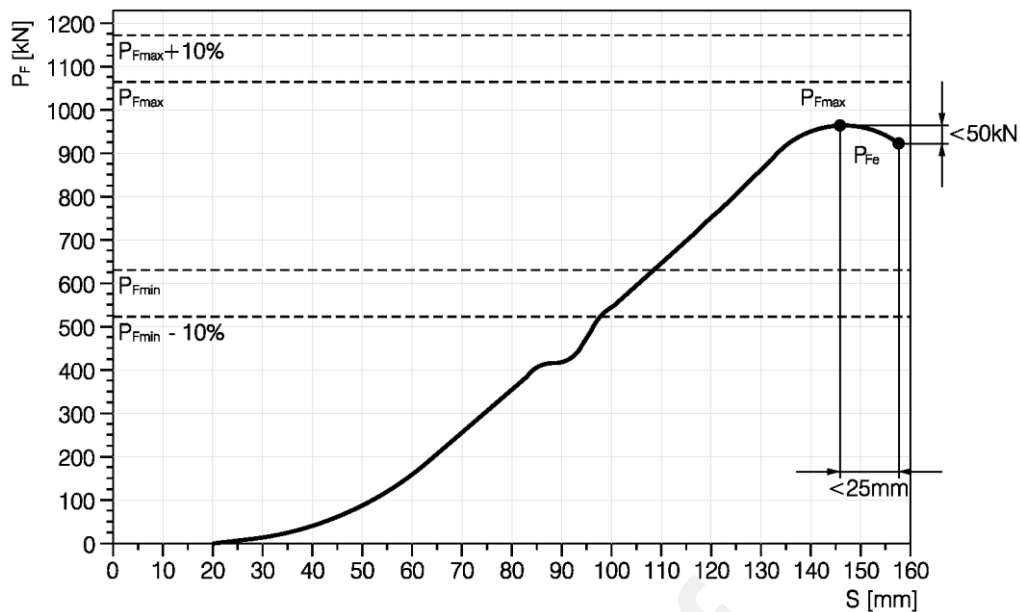


Abb. 15.1.2.1: Abbildung 15-4: Abfall der Montagekraft-

Der Abfall der Montagekraft P_F am Ende des Aufpressweges ist konform, wenn der Kraftabfall auf maximal 25 mm Länge auftritt und der Kraftabfall kleiner als 50 kN ist.

Der Abfall der Montagekraft P_F auf maximal 10 % Länge des Aufpressweges ist an der Stelle zulässig, an der sich die Öleinspritznut des Radkörpers befindet.

14.1.2.2 15.1.2.2 15.1.2.2 Verhältnis Montagekraft P_{Fmax}/P_{Fe} zu den Kraftgrenzen F_{max}/F_{min}

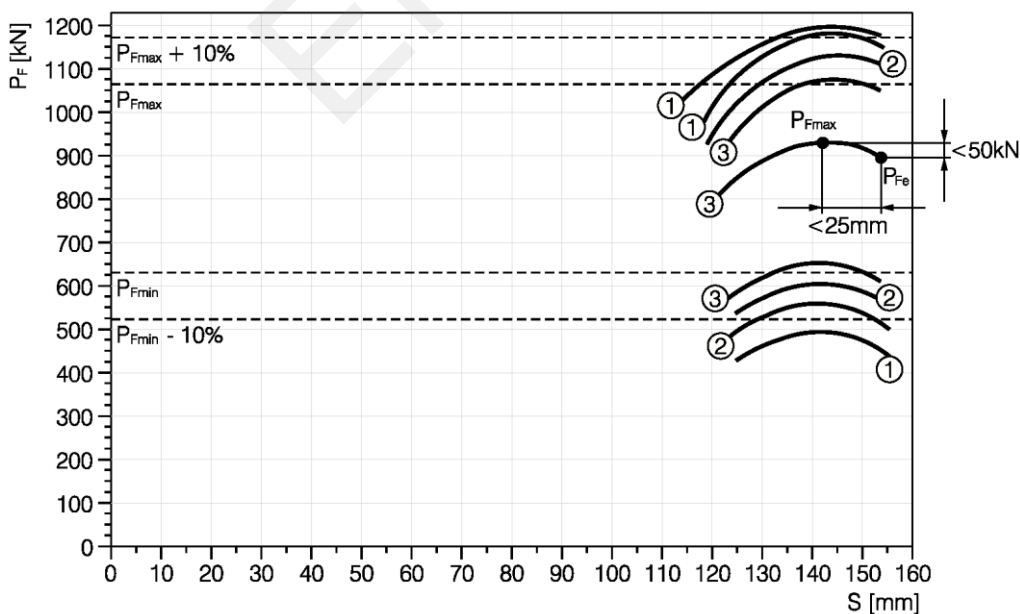


Abb. 15.1.2.2: Abbildung 15-5: Verhältnis der Montagekraft zu den Kraftgrenzen-

Beurteilung der Kurven mit Druckabfall nach P_{Fmin} und P_{Fe} :

④ Legende zu Abbildung 15-5:

nicht konform

② konform mit bestandener Gegendruckprüfung Beurteilung der Kurven mit Druckabfall nach P_{Fmin} und P_{Fe} :

③ nicht konform ②

konform mit bestandener Gegendruckprüfung ③ konform

Legende zu Abb. 15.1.2-2: Verhältnis Montagekraft zu Kraftgrenzen

14.1.2.3 15.1.2.3 15.1.2.3 Verlauf der Montagekraft P_F bei Slip-Stick Effekt (Rattern)

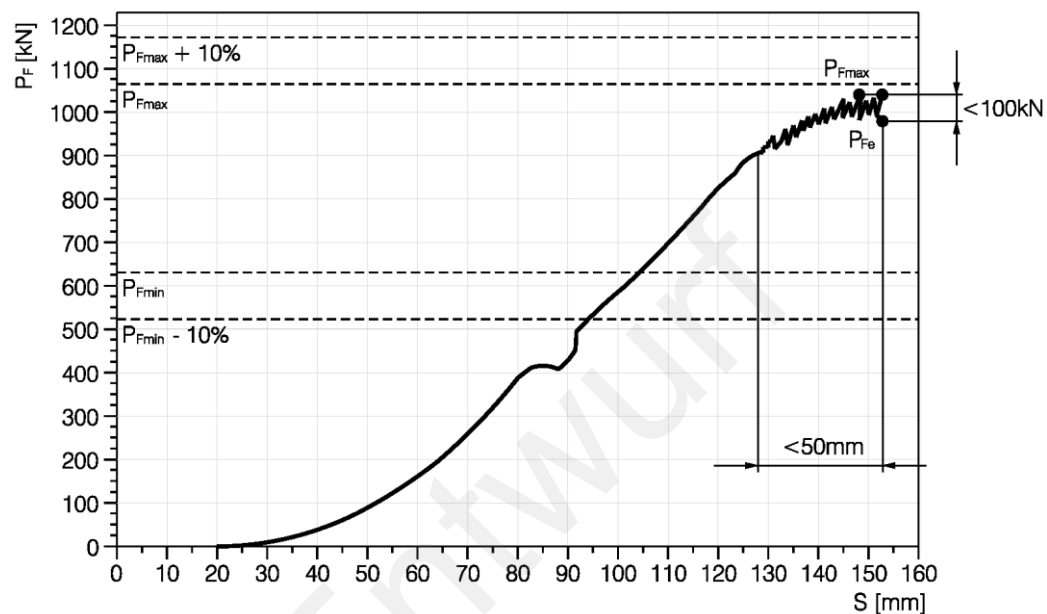


Abb. 15.1.2-3: Abbildung 15-6: Montagekraft mit Rattern.

Tritt während des Montagevorganges ein Slip-Stick Effekt auf (Rattern), gilt dies ohne Gegendruckprüfung als zulässig, wenn die Kraftschwankungen 100 kN nicht übersteigen und der Effekt auf weniger als 50 mm Aufpressweg auftritt. Übersteigen die Kraftschwankungen 100 kN oder sind diese auf mehr als 50 mm Aufpressweg vorhanden, ist der Aufpressvorgang nicht konform.

14.1.2.4 15.1.2.4 15.1.2.4 Starker Anstieg der Montagekraft P_F / Verdacht auf An- fressen

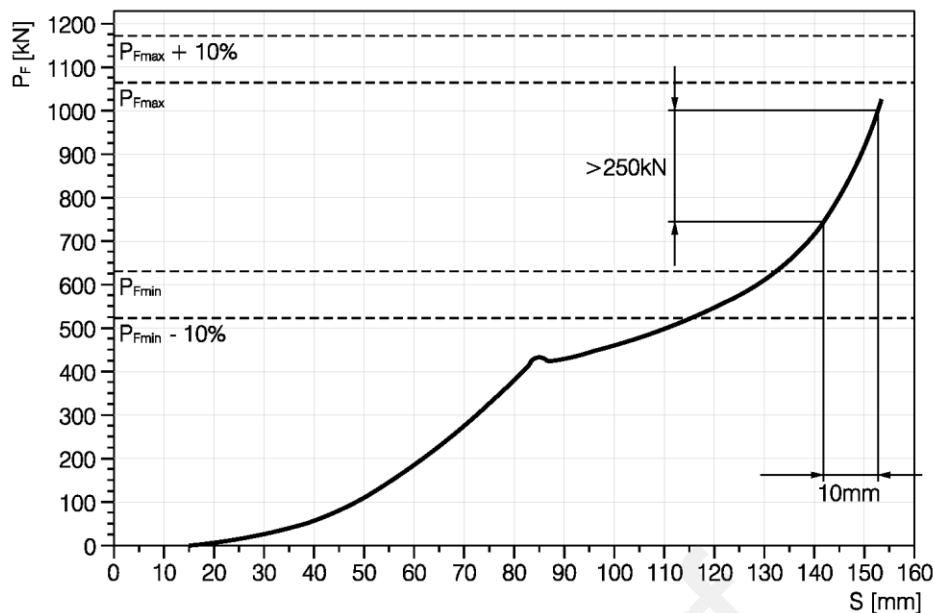


Abb. 15.1.2.4: Abbildung 15-7: Starker Anstieg der Montagekraft.

Steigt die Montagekraft P_F stärker an als 250 kN pro 10 mm Aufpressweg, ist davon auszugehen, dass der Pressverband angefressen hat. Solche Kraftverläufe sind nicht konform.

14.1.2.5 15.1.2.5 15.1.2.5 Unstetige Zunahme der Montagekraft P_F

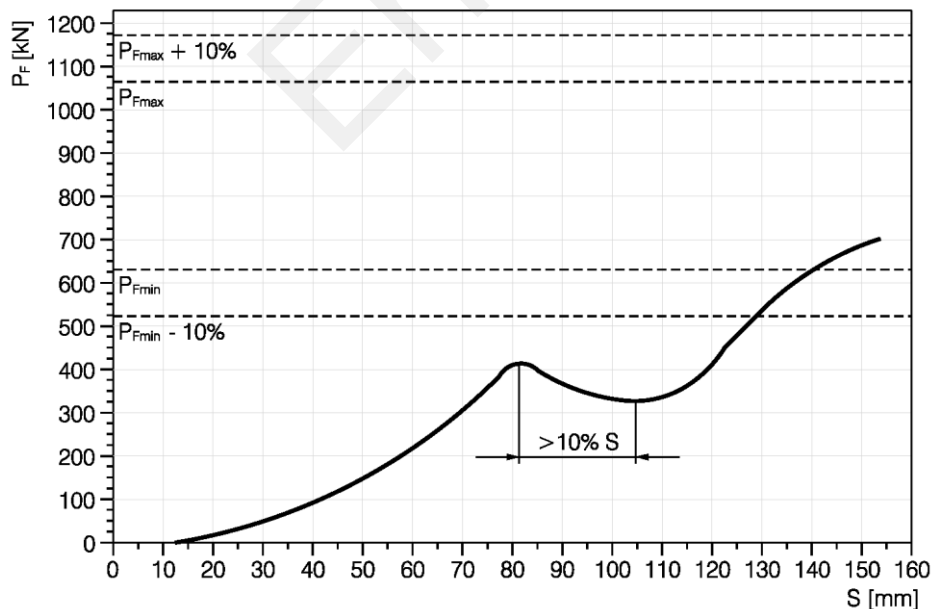


Abb. 15.1.2.5: Abbildung 15-8: Unstetige Zunahme der Montagekraft.

Steigt die Montagekraft P_F während mehr als 10 % des Aufpressweges nicht an oder fällt diese gar ab, ist von einer plastischen Deformation der Komponenten auszugehen. Dieser Kraftverlauf ist nicht konform. Eine Ausnahme ist der Kraftabfall am Ende des Montagevorganges (siehe Abschnitt 15.1.2.1).

~~14.1.3~~ 15.1.3 ~~15.1.3~~ Nacharbeit der Radnabensitze an Radsatzwellen

Nach der Demontage von alten Radkörpern wird die Mantelfläche der Radnabensitze an der Radsatzwelle oftmals leichte Riefen aufweisen oder aber nach mehrmaligem Demonstrieren von Radkörpern auch im Durchmesser aus der Toleranz fallen.

Daher ist oftmals eine Möglichkeit zum Nachbearbeiten des Radnabensitzes auf ein Reparaturmass wünschenswert.

Neue Radsatzwellenkonstruktionen können so dimensioniert werden, dass die Festigkeitsreserven ausreichend sind, die Nabensitzdurchmesser bis auf ein minimal zulässiges Nacharbeitungsmass abzdrehen.

Bei älteren Radsatzwellenkonstruktionen ist der dazu notwendige Festigkeitsnachweis nachgemäss SN EN 13103-1 / SN EN ~~13104~~13103-2 oftmals nicht erfolgreich, da die Wellen grundsätzlich einer Überprüfung nachgemäss den Kriterien der SN EN 13103-1 / SN EN ~~13104~~13103-2 nicht standhalten können und nur im Rahmen der Bestandschutzes weiterbetrieben werden dürfen. Hier gibt es nur die Möglichkeit, neue Ersatzwellen mit etwas grösserem Nabensitzdurchmesser zu beschaffen.

Ältere Radsatzwellen, bei denen die Nabensitze nachweislich und ohne negative Betriebserfahrung abgedreht worden sind, können auch nach diesem Verfahren im Rahmen des Bestandschutzes so weiterbehandelt werden.

Ein besonderes Augenmerk muss auf die Tribokorrosion am Nabensitz der Radsatzwelle gerichtet werden. Dies kann auf der Innenseite (dem Wellenschaft zugewandten Seite des Sitzes) zu einer lokalen Durchmesserreduktion führen. Eine Möglichkeit zum Prüfen dieses Merkmals wird im Folgenden wiedergegeben.

Radsatzwellen und Radkörperbohrungen mit den im Bild gezeigten typischen Anrostungen (Tribokorrosion) sollten mit einer verbesserten Masskontrolle auf Wiederverwendbarkeit überprüft werden. So kann wirksam vermieden werden, dass Bauteile mit grösseren Formabweichungen und lokal zu kleinem Übermass erneut zusammengebaut werden.

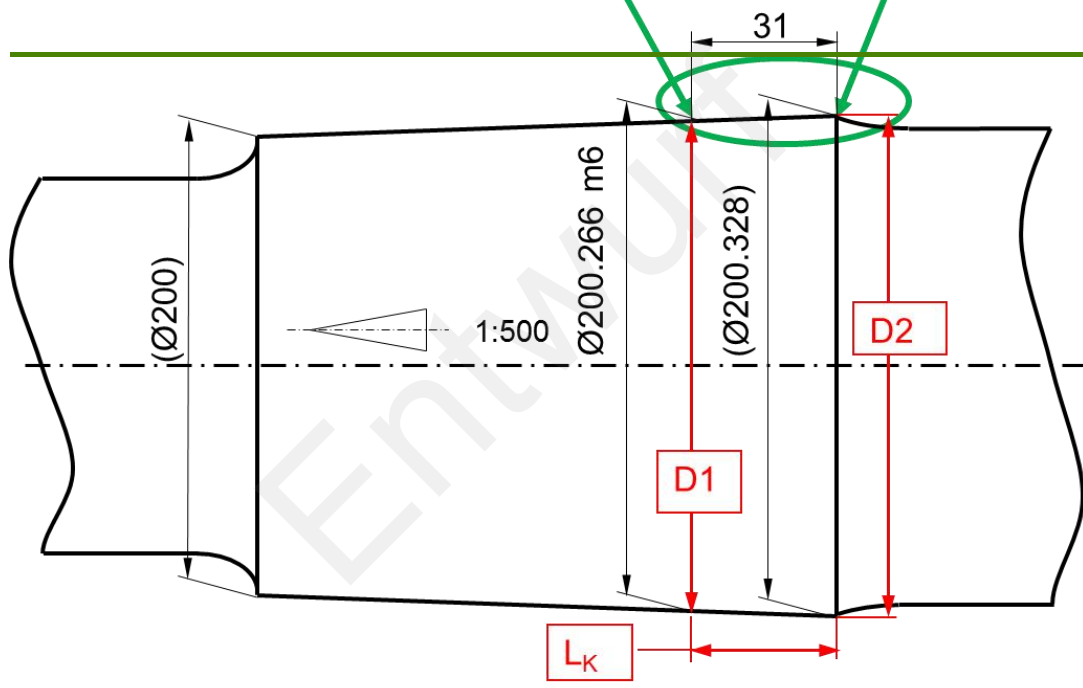
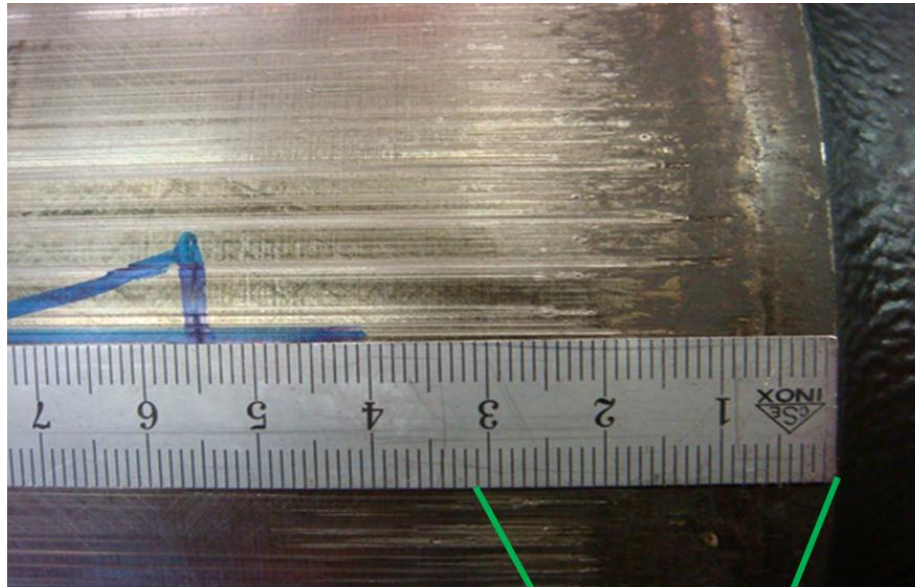


Abb.

15.1.3-1:

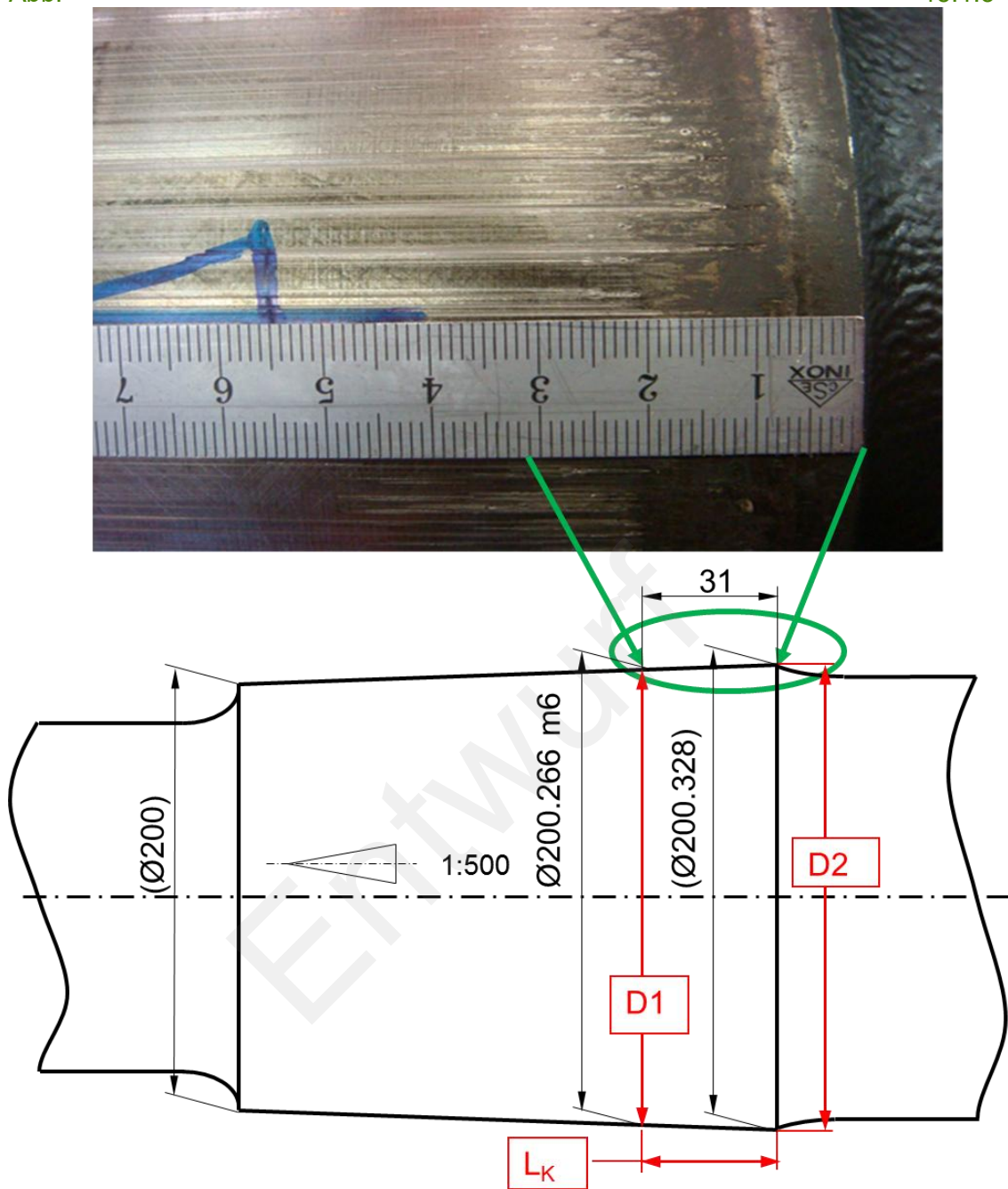


Abbildung 15-9: Skizze zu Messmethode; Beispiel mit Radsatzwelle und symbolisiertem Ausschnitt aus zugehöriger Zeichnung.

Für diese Kontrolle wird ein Vorgehen gemäss nachfolgender Tabelle vorgeschlagen. Die maximale Abweichung der bestehenden Konusmasse zu den Nominalmassen sollte nicht mehr als $\pm 0.03 \text{ mm}$ betragen.

Die Berechnung erfolgt gemäss:

$$D2_{\min} = D1 + \frac{L_K}{K} - 0.03$$

Formel ~~15-1~~:15-1: Berechnung $D2_{\min}$ zur Entscheidung gemäss ~~Tabelle 15-1~~.Tabelle 15-1

$$D2_{\max} = D1 + \frac{L_K}{K} + 0.03$$

Formel ~~15-2~~:15-2: Berechnung $D2_{\max}$ zur Entscheidung gemäss ~~Tabelle 15-1~~.Tabelle 15-1

$$D2_{\min} \leq D2 \leq D2_{\max}$$

Formel ~~15-3~~:15-3: Grenzen für D2 zur Entscheidung gemäss ~~Tabelle 15-1~~.Tabelle 15-1

wobei:

D1, D2: Durchmesser Radnabensitz an definierter Stelle in Millimeter.

L_K : Abstand Mass D1 ~~von~~vom inneren Ende des Radnabensitzes (Mass D2) in Millimeter.

K: Nennwert des Konus Radnabensitz (z.B. 500 bei Wert 1:500)~~).~~

Arbeitsschritt	Bezeichnung	Beispiel
1	Messpunkt für D1 bestimmen.). dieser muss ausserhalb der korrodierten Zone sein.	$L_K = 31$ mm ab Radiuskante, muss aber nicht unbedingt dem Messpunkt nach <u>gemäss</u> Zeichnung entsprechen.
2	D1 Ist-Mass messen.	200.300 mm
3	Konizität K aus Zeichnung bestimmen.	K = 500 (Konus 1:500)
4	Zunahme Durchmesser von D1 nach D2 berechnen.	$31/500 = 0.062$ mm
5	Soll-Mass D2 bestimmen.	$200.300 + 0.062 = 200.362$ mm
6	Toleranz für D2 Ist-Mass = D2. Soll ± 0.03 mm.	200.362 ± 0.03 mm: D2 Minimum 200.332 mm D2 Maximum 200.392 mm
7	Ist-Mass D2 messen.	D2 = 200.310
8	Bestimmen, ob Stück weiter verwendet <u>weiterverwendet</u> werden kann.	200.310 ist kleiner, als das oben berechnete Minimum, die Welle ist Ausschuss.

Tabelle ~~15-1~~:15-1: Entscheid zur Nacharbeit an Radnabensitzen.

Entwurf

14.2.15.2 15.2 Eigenspannung am Radkranz von Vollrädern

Vollräder von Fahrzeugen mit Klotzbremseinrichtungen können durch Bremsstörungen thermisch überlastet und dabei beschädigt werden. Es spielt dabei keine Rolle, ob das Fahrzeug über eine normale Klotzbremse, eine Feststellbremse in Form einer Klotzbremse oder nur einen Putzklotz verfügt.

Dieser Abschnitt gibt Hinweise auf folgende Punkte:

- Entstehung und Auswirkung von Radkranzeigenspannungen.
- Behandlung von Radsätzen mit thermischen Schäden in der schweren Instandhaltung.
- Grenzwerte für die Eigenspannungsmessung an Vollrädern.

Das Erkennen und die Behandlung der Radsätze mit Farbabbbrand in der leichten Instandhaltung und im Betrieb sind in Abschnitt 6.6.2.12 beschrieben.

Begriffsdefinition:

Thermisch geschädigtes Vollrad	Als thermisch geschädigt gilt ein Vollrad, wenn es Farbabbbrand aufweist oder ausgeprägte Anlauffarben an den blanken Stellen am Radkranz zeigt.
ZKE-Meldung	Meldungen bezüglich Festbremsen oder Bremsstörung, übermittelt vom Interventionszentrum der Zugkontrollen in der Zugkontrolleinrichtung in der Zugkontrolleinrichtung (IZ-ZKE).
HFO-Meldung	Meldung einer Heissläuferortungsanlage.

14.2.15.2.1 15.2.1 Auswirkung der thermischen Belastung auf Vollräder

Vollräder, die durch Klotzbremsen abgebremst werden, erfahren im Radkranz durch die Einwirkung von Reibungswärme auf das Material allmählich einen Aufbau von Zugeigenspannungen. Bis zu einem gewissen Mass ist dies ein natürlicher Vorgang, den die Vollräder ohne Schädigung ertragen können. Die aufgebaute Zugeigenspannung im Radkranz ist nicht nur von der Grösse des Wärmeeintrages abhängig, sondern auch von der Form des Radscheibensteges. Je weniger der Radscheibensteg gewölbt ist, desto eher baut sich eine Zugeigenspannung im Radkranz auf, da ein nicht gewölbter Radscheibensteg wenig elastisch reagieren kann.

Die Zugeigenspannungen im Radkranz sind aus folgenden Gründen unerwünscht:

- Das Initiieren von Rissen durch Kerbstellen am Radkranz wird durch erhöhte Zugeigenspannungen begünstigt.
- Bereits vorhandene axial orientierte Risse am Radkranz wachsen durch Zugeigenspannungen schneller an.
- Zugeigenspannungen können bei wenig gewölbten oder geraden Radscheibenstegen zur Deformation des Radkörpers führen und damit eine unzulässige Veränderung des AR-Masses zur Folge haben («Verwerfen» des Vollrades).

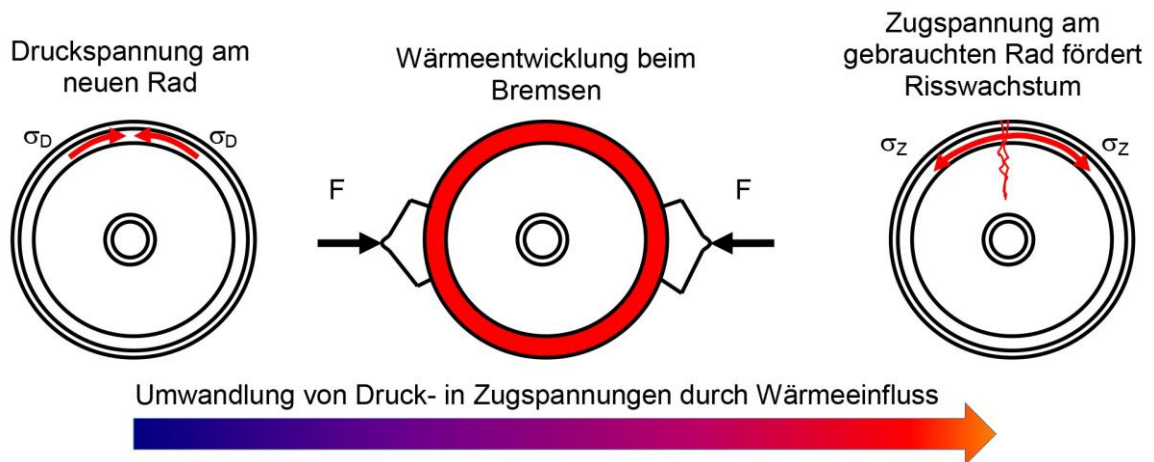


Abb. 15.2.1-1: Abbildung 15-10: Schädigungsmechanismus des Vollrades bei thermischer Überbelastung.

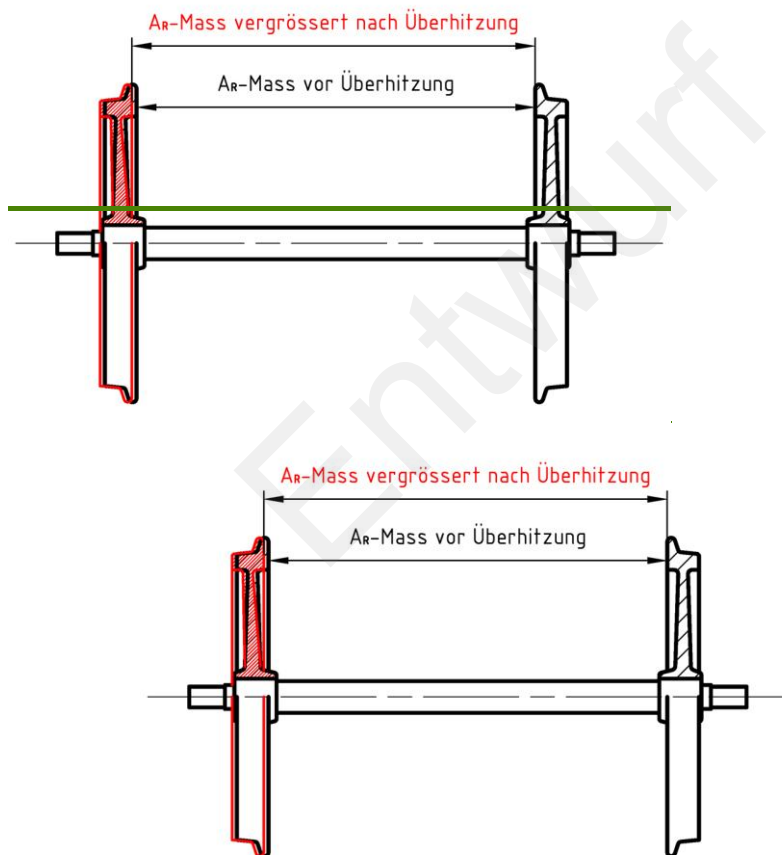
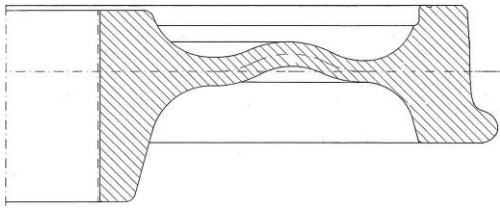


Abb. 15.2.1-2:

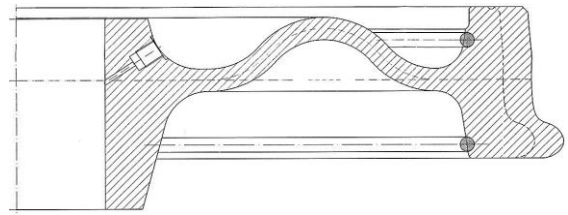
Abbildung 15-11: Verwerfen eines Vollrades mit geradem Steg; Veränderung des AR-Masses.

Das Entstehen von Zugeigenspannungen und deren negative Effekte sind durch konstruktive Umgestaltung der Radscheibenformen in den letzten Jahren stark abgeschwächt worden. Dies gilt besonders für die sogenannten «spannungsarmen Radscheiben» (sa), wie sie in klotzgebremsten Reisezugwagen heute nahezu ausschliesslich verwendet werden.

Der Einsatz von Radsätzen mit sa-Radscheiben in klotzgebremsten Güterwagen wird insbesondere im Zusammenhang mit der Verwendung von K- oder LL-Bremssohlen empfohlen.



~~Abb. 15.2.1 3:~~ Abbildung 15_12:
Vollrad früherer Bauform mit schwach gewölbtem
Steg.



~~Abb. 15.2.1 4:~~ Abbildung 15_13:
Vollrad heutiger spannungsarmer Bauform (sa oder
Glockenrad).

Entwurf

14.2.215.2.2 15.2.2 **Behandlung thermisch geschädigter Vollräder in der schweren Instandhaltung und Grenzwerte für die Eigenspannungsmessung.**

Radsätze mit thermisch geschädigten Vollrädern sind zu tauschen. Beim Ausbau aus dem Fahrzeug sind diese mit einem Meldezettel zu beschriften, so dass bei der Bearbeitung in der Werkstätte klar erkennbar ist, dass es sich um Räder mit thermischen Schäden handelt.

Radsätze mit thermisch geschädigten Vollrädern durchlaufen die üblichen, für die entsprechenden Radsatzbauarten vorgesehenen Aufarbeitungsschritte. Als thermisch geschädigt gelten neben der unter Abschnitt 15.2.15.2 genannten eindeutigen Definition auch sämtliche Vollräder, bei denen ein Verdacht auf thermische Schädigung besteht. Solche Verdachtsmomente können sein:

- Umlaufende Aufschieferungen auf der Laufläche.
- Über das übliche Mass hinausgehende Korrosion im äusseren Bereich des Radkranzes.

Zusätzlich zur normalen Aufarbeitung ist eine Eigenspannungsprüfung vorzunehmen. Diese kann vor oder nach der Reprofilierung erfolgen. Dafür sind entsprechende Prüfgeräte zu verwenden, mit denen sich die Eigenspannung zerstörungsfrei messen lässt.

Grenzwerte für die zulässige Eigenspannung im Radkranz gemäss nachfolgender Tabelle:

<u>Stahlsorte</u>	<u>Radbauart, Kategorie gemäss VPI 04, Anhang 1, Kapitel 1</u>	<u>Zulässige Werte [MPa]</u>	<u>Quelle</u>
<u>Werkstoffsorte</u> <u>ER6</u>	<u>Radkonstruktion</u> <u>Vollräder mit unbekannter Bruchzähigkeit des Radkranzes</u>	<u>max. zulässige Eigenspannung</u> <u>max 300</u>	<u>SN EN 15313</u>
<u>ER 7, ER 8</u>	<u>sa, eigenspannungsarm, Glockenrad</u> <u>Vollräder, deren Bruchzähigkeit des Radkranzes der SN EN 13262 entspricht</u>	<u>max 400 MPa</u>	<u>SN EN 15313</u>
<u>R 7, R 8</u>	<u>sa, eigenspannungsarm, Glockenrad</u> <u>Kategorie 1 (d1)</u>	<u>-300 MPa bis +400</u>	<u>VPI 09-4.1</u>
<u>ER 7, ER 8, R 7, R 8</u> <u>ER7</u>	Normale Vollräder mit schwach gewölbtem Steg	<u>max 300 MPa</u>	=
	<u>Vollräder mit unbekannter Bruchzähigkeit des Radkranzes</u>	<u>max 300</u>	<u>SN EN 15313</u>
	<u>Kategorie 1 (d1)</u>	<u>-300 bis +400</u>	<u>VPI 09-4.1</u>
	<u>Kategorie 3 (d3)</u>	<u>-350 bis +300</u>	<u>VPI 09-4.1</u>
	<u>R</u> <u>Kategorie 2, BV-2 (d2)</u>	<u>Alle Bauarten -350 bis +300</u>	<u>250 MPa</u> <u>VPI 09-4.1</u>
	<u>Vollräder, deren Bruchzähigkeit des Radkranzes der SN EN 13262 entspricht</u>	<u>max 400</u>	<u>SN EN 15313</u>

<u>Stahlsorte</u>	<u>Radbauart, Kategorie gemäss VPI 04, Anhang 1, Kapitel 1</u>	<u>Zulässige Werte [MPa]</u>	<u>Quelle</u>
<u>ER8, ER9</u>	<u>Kategorie 3 (d3)</u>	<u>-350 bis +250</u>	<u>VPI 09-4.1</u>
<u>R1, R6, R7</u>	<u>Kategorie 1 (d1)</u>	<u>-300 bis +400</u>	<u>VPI 09-4.1</u>
<u>R1, R7, BV1</u>	<u>Kategorie 2</u>	<u>-350 bis +300</u>	<u>VPI 09-4.1</u>
<u>R2, R3, R8, R9, BV2, BV2N</u>	<u>Kategorie 3 (d3)</u>	<u>-350 bis +250</u>	<u>VPI 09-4.1</u>
<u>R7</u>	<u>Kategorie 3 (d3)</u>	<u>-350 bis +300</u>	<u>VPI 09-4.1</u>

Tabelle 45-2:15-2: Grenzwerte für die zulässige Eigenspannung im Radkranz-

Werkstoffe Stähle mit der Bezeichnung ER-7 und ER-8 sind nachgemäss SN EN 13262 produziert worden, deren Bruchzähigkeit ist bekannt. Solche mit der Bezeichnung R 2, R 7 und R 8 nachentsprechen den Vorgaben des Merkblattes UIC-Merkblatt. Daran klärt sich die Frage, ob die Bruchzähigkeit bekannt oder unbekannt ist. Räder 812-3 mit eingehaltenen nicht ausgewiesener Bruchzähigkeit nach SN-EN 13262 und spannungsarmer Konstruktion dürfen auch mit einem Eigenspannungswert im Bereich 300 MPa bis 400 MPa weiter verkehrendes Materials.

Die Werkstoffsorte muss Stahlsorte kann an der Vollradnabe innenseitig aus der Herstellerstempelung abgelesen werden.

Die Messung ist für alle Werkstoffe mit einer akustoelastischen Konstante von $k = 150$ (materialspezifische Konstante) durchzuführen. Teilweise werden in begründeten Fällen auch niedrigere k -Werte verwendet für einzelne Werkstoffsorten verwendet. Da jedoch die sichere Erkennung der Werkstoffsorten trotz Kennzeichnung am Rad nicht immer einfach ist, wird empfohlen, auf tiefere k -Werte zu verzichten. Tiefere k -Werte führen zu kleineren Spannungswerten und damit weniger sensibler Beurteilung der Räder.

Die Verfahrensweisen für die Messung von Eigenspannungen am Radkranz sind in der SN EN 13979-1 festgelegt.

Vollräder mit gewölbtem Radsteg, die die Grenzwerte für die Eigenspannung einhalten, können ohne besondere Einschränkungen dem Betrieb übergeben werden. Dazu ist vorgängig der Farbanstrich auszubessern.

Vollräder, die die Grenzwerte für die Eigenspannung überschreiten, werden in der Regel verschrottet. Es gibt allerdings die Möglichkeit zum Regenerieren der Vollräder, welche aber nur bei grösseren Stückzahlen wirtschaftlich sein kann, da Einrichtung und Know-how sehr spezifisch sind.

Bei thermisch geschädigten Vollrädern mit geradem Radsteg wird die Verschrottung empfohlen, sobald tendenziell eine Vergrösserung des A_R -Masses oder steigende Eigenspannungswerte festgestellt werden.

14.3.15.3 15.3 Wuchtungsgerechte Paarung von Vollrädern und Wellenbremsscheiben

Unwuchten bei Radsätzen führen zu verschiedenen unerwünschten Effekten und wirken sich negativ auf den Fahrkomfort, die Polygonbildung bei Rädern und Belastung der Bauteile am Radsatz aus. Aus diesem Grund sind die Grenzwerte gemäss Abschnitt 6.6.2.4.6.6.2.4. einzuhalten oder zu unterschreiten.

Beim Fügen von Radsätzen mit Wellenbremsscheiben sind neben den Radscheiben noch weitere Komponenten mit einer Unwucht vorhanden.

Das wuchtungsgerechte Paaren von Triebradsätzen mit je nach der Bauart stark unterschiedlichen Komponenten ist gemäss den Angaben des Herstellers oder des Halters auszuführen.

14.3.15.3.1 15.3.1 Paarung von Radsätzen mit Vollrädern

Radsätze mit Vollrädern können in mehreren Konfigurationen gepaart werden:

- a) Unwucht der Radscheiben gleichsinnig.
- b) Unwucht der Radscheiben um 180° phasenverschoben.
- c) Unwucht der Radscheiben in beliebiger Lage zueinander.

Die bevorzugt angewendete bzw. bei Güterwagen-Radsätzen vorgeschriebene Methode ist das gleichsinnige Ausrichten der Unwuchten nach a). Dabei darf die Lage der zulässigen Restunwuchten der beiden Radscheiben um maximal 15° zueinander abweichen.

Mit um 180° phasenverschobenen Unwuchten kann es zwar sein, dass die statische Unwucht beseitigt ist aber der Radsatz durch die bleibende dynamische Unwucht im Betriebseinsatz eher zur Polygonbildung neigt.

Eine Montage der Radscheiben mit beliebiger Unwuchtlage zueinander sollte nicht ausgeführt werden.



Abb. 15.3.1-1: Kennzeichnung der Unwucht und ihrer Lage an der Radscheibe bei der Radnabe.

14.3.215.3.2 15.3.2 Paarung von Radsätzen mit Vollrädern und 2 oder 3 Wellenbremsscheiben

Das wuchtungsgerechte Paaren von Vollrädern und Wellenbremsscheiben wird gemäss nachfolgender Beschreibung empfohlen:

- a) Zwei Wellenbremsscheiben: Montage der Wellenbremsscheiben mit gleich ausgerichteten Unwuchten. Die Radscheiben werden mit ihrer Unwucht um 180° versetzt zur Unwucht der Wellenbremsscheiben montiert. In der Regel ist dann ein dynamisches Auswuchten nicht notwendig, wird aber empfohlen.
- b) Drei Wellenbremsscheiben: Montage der Wellenbremsscheiben mit jeweils um 120° versetzter Unwucht. Die Radscheiben werden mit ihrer Unwucht beliebig dazu montiert aber untereinander gleichgerichtet gemäss Abschnitt 15.3.1 a).

Andere Paarungsmethoden können vom Radsatzhersteller vorgeschrieben werden, insbesondere bei Radsätzen für Geschwindigkeiten grösser 200 km/h und Radsätzen mit Wellenbremsscheiben und Getriebe.

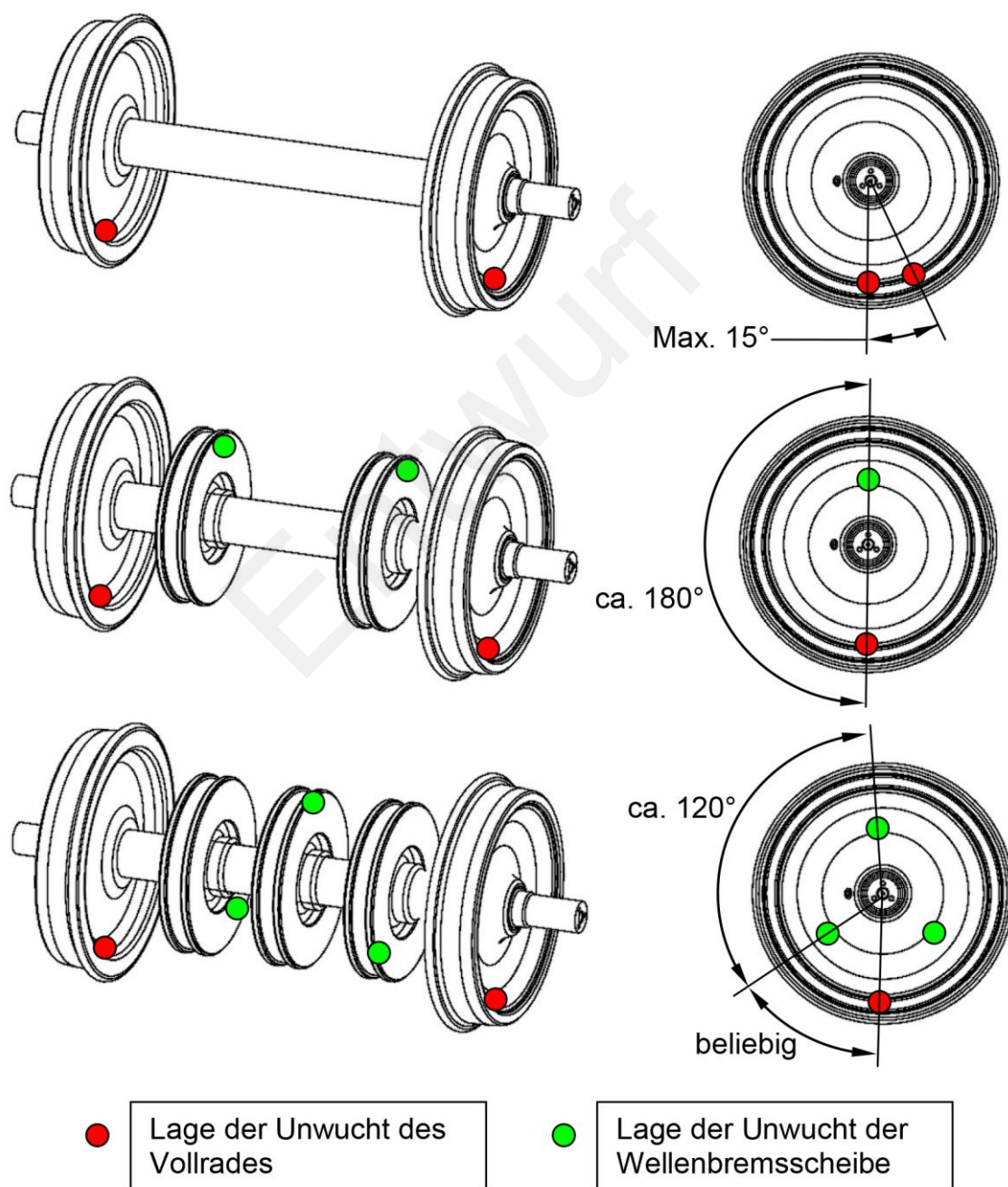


Abb. 15.3.2 1: Abbildung 15.15: Wuchtungsgerechte Paarung von Vollrädern und Wellenbremsscheiben.

~~15.16~~ **16** Literatur

Informationen und Textauszüge, zum Teil auch in abgewandelter Form wurden aus nachfolgenden Literaturquellen entnommen:

~~15.16.1~~ **16.1** Literaturquellen

Grundsätzlich alle in Kapitel **22** aufgeführten Normen und Regelwerke.

Weitere Literaturquellen:

- Bargel/Schulze: Werkstoffkunde, VDI-Verlag, 1994
- B. Kämpfer u. a: Verschleiss- und Schädigungserscheinungen an Schienenfahrzeugrädern. ZEV/Rail Glasers Annalen 132 (2008) 3
- Weichert, N.: Messtechnik und Messdatenerfassung, Oldenbourg Verlag, 2000
- Wolf, F.: Einsatz von Messsystemen für die Radsatzgeometrie in Fertigung und Instandhaltung, DB Systemtechnik GmbH, 2013
- Diverse Herstellerpublikationen

~~15.216.2~~ **16.2** Weiterführende Literatur

Neben den in Kapitel **22** aufgeführten Normen und Regelwerken bieten sich nachfolgend genannte Schriftwerke zur einer Wissensvertiefung im Bereich Radsatz an:

- Railway technical Handbook, SKF Group, 2010
- Wheels for freight cars, Lucchini RS, 2010
- Reliability and Safety in Railway Products, Lucchini RS, 2008
- Structural reliability assessment of railway axles, Lucchini RS, 2011
- Elektrische Triebfahrzeuge Band 1, K. Sachs, Springer-Verlag, 1973
- Laufwerke, Hanneforth/Fischer, Transpress-Verlag, 1986
- Lauf der Schienenfahrzeuge im Gleis, Hans-Ludwig Krugman, Oldenbourg Verlag, 1982
- Deuce, R.: Schäden an Radlaufflächen - Ein Leitfaden, Bombardier 2007

16.3 Bildnachweis

16.3 Abbildungsnachweis

Alle Bilder, Zeichnungen und Skizzen, sofern nicht nachfolgend erwähnt, sind durch die Mitglieder der Arbeitsgruppe R RTE 41000 erstellt worden.

~~Abb. 6.2.1-1:~~Abbildung 6-1:Auszug aus Zeichnung DB Fwg665.0.02.001.001

~~Abb. 6.2.1-2:~~Abbildung 6-2:Auszug aus Zeichnung BV 1RW8491.201-C

~~Abb. 6.2.1-3:~~Abbildung 6-3:Auszug aus Zeichnung BV 1RW9385.303-A

~~Abb. 6.2.1-4:~~Abbildung 6-4:Auszug aus Zeichnung SWS 1-602 021

~~Abb. 6.2.2-1:~~Abbildung 6-5:Auszug aus Zeichnung BLS Bö 22778

~~Abb. 6.2.2-2:~~Abbildung 6-6:Auszug aus Zeichnung BLS MI 13344

~~Abb. 6.2.2-3:~~Abbildung 6-7:Auszug aus Zeichnung BV 2RW 8491.405

~~Abb. 6.2.2-4:~~Abbildung 6-8:Auszug aus Zeichnung SBB ZfW 411.00.455.2

~~Abb. 6.2.2-5:~~Abbildung 6-9:Auszug aus Zeichnung VSG 2RW 7375.406.03

~~Abb. 6.2.2-6:~~Abbildung 6-10: Auszug aus Zeichnung STAG 11.0.182.0

~~Abb. 6.2.2-7:~~Abbildung 6-11: Auszug aus Zeichnung BV 2RW 7226.401.03

~~Abb. 6.2.2-8:~~Abbildung 6-12: Aus Sachs: Elektrische Triebfahrzeuge
(Zeichnung VSG 1RW7439.101.02)

~~Abb. 6.2.2-9:~~Abbildung 6-13: Aus Sachs: Elektrische Triebfahrzeuge

~~Abb. 6.2.2-16:~~ — Auszug aus Publikation von Bombardier

~~Abb. 6.2.3-1:~~Abbildung 6-15: Auszug aus Zeichnung FAG Z-578693

~~Abb. 6.2.3-2:~~Abbildung 6-16: Auszug aus Zeichnung SKF 1-040-381

~~Abb. 6.2.3-3:~~Abbildung 6-17: Auszug aus Zeichnung SIG 602 234

~~Abb. 6.2.3-4:~~Abbildung 6-18: Auszug aus historischer SBB-Zeichnung

~~Abb. 6.2.4-1:~~Abbildung 6-19: Auszug aus Zeichnung Knorr 1C64306/1

~~Abb. 6.2.4-2:~~Abbildung 6-20: Auszug aus Zeichnung Knorr C60060-1

~~Abb. 6.2.4-3:~~Abbildung 6-21: Auszug aus Zeichnung Kovic 1-05-07-00

~~Abb. 6.2.4-4:~~Abbildung 6-22: Auszug aus Zeichnung BV 2RW 7922.407

~~Abb. 6.2.5-1:~~Abbildung 6-23: Auszug aus Zeichnung STAG BU_1235633

~~Abb. 6.2.5-2:~~Abbildung 6-24: Auszug aus Zeichnung SWS 7-602 005

~~Abb. 6.2.5-3:~~Abbildung 6-25: Auszug aus Zeichnung SLM 0-802.022.756

~~Abb. 6.2.5-4:~~Abbildung 6-26: Auszug aus Zeichnung SLM 10-102895

Abb. 6.2.5-5: <u>Abbildung 6-27:</u> 0100	Auszug aus Zeichnung ADtranz 3EGK 483 111 A
Abb. 6.2.6-1: <u>Abbildung 6-28:</u>	Auszug aus Zeichnung SWS 602 132
Abb. 6.2.6-2: <u>Abbildung 6-29:</u>	Auszug aus Zeichnung Tibram 1-11-0100 Typ EB-5
Abb. 6.2.6-3: <u>Abbildung 6-30:</u>	Auszug aus Zeichnung SBB ZfW 411-10-283-1
Abschnitt 6.6.2.9: 6.6.2.9:	div. Abb.: aus EVIC-Prüfanweisung
Abb. 7.1.3-1: <u>Abbildung 7-3:</u>	Aus Bargel-/Schulze: Werkstoffkunde
Abb. 9.3.9-1: <u>Abbildung 9-2:</u>	Aus Sachs: Elektrische Triebfahrzeuge Abschnitt 3.13
Abb. 12.3.3-1: <u>Abbildung 12-5:</u>	Auszug aus VPI 04 (VPI-Leitfaden)
Abb. 14.4.1-1: <u>Abbildung 14-21:</u>	Herstellerpublikation
Abb. 14.4.1-2: — <u>Abbildung 14-23:</u>	<u>z.T.</u> Herstellerpublikation
Abb. 14.4.1-4: — <u>z.T. Abbildung 14-24:</u>	<u>z.T.</u> Herstellerpublikation
Abb. 14.4.1-5: — <u>z.T. Abbildung 14-25:</u>	<u>z.T.</u> Herstellerpublikation
Abb. 14.4.1-6: — <u>z.T. Abbildung 14-30:</u>	Herstellerpublikation
Abb. 14.4.3-2: <u>Abbildung 14-35:</u>	Herstellerpublikation
Abb. 14.4.3-7: —	Herstellerpublikation
Abb. 14.4.3-16: <u>Abbildung 14-42:</u>	Alstom Schienenfahrzeuge AG, Neuhausen am Rheinfl
Abb. 14.4.3-17: <u>Abbildung 14-43:</u>	Alstom Schienenfahrzeuge AG, Neuhausen am Rheinfl
Abb. 14.4.3-18: <u>Abbildung 14-44:</u>	Herstellerpublikation
Abb. 15.2.1-3: <u>Abbildung 15-12:</u>	Auszug aus Zeichnung SBB ZfW 411.00.455.2
Abb. 15.2.1-4: <u>Abbildung 15-13:</u>	Auszug aus Zeichnung VSG 2RW 7375.406.03
Abb. A1-12: <u>Abbildung A1-11:</u>	Auszug aus Zeichnung DB 3Fwg 000.02.002.003
Abb. A1-13: <u>Abbildung A1-12:</u>	Auszug aus Zeichnung Matisa MR 10443.0
Abb. A1-14: <u>Abbildung A1-13:</u>	Auszug aus Zeichnung Plasser UD 00.1035
Abb. A3-1: <u>Abbildung A3-1:</u>	Auszug aus Publikation von Bombardier

Anhang A1 – A3 (Allgemein)

A1 ~~A1~~Zeichnungen von Radprofilen

Übersicht der Zeichnungen von Radprofilen:

A1.1 Radprofil SBB 28-2

A1.2 Radprofil SBB 28-2 Reduktion I

A1.3 Radprofil SBB 28-2 Reduktion II

A1.4 Radprofil SBB 28-2 Reduktion III

A1.5 Radprofil SBB 28-2 Reduktion IV

A1.6 Radprofil SBB 28-3

A1.7 Radprofil SBB 30-2

A1.8 Radprofil SBB 30-3

A1.9 Radprofil SBB 32-3

A1.10 Radprofil VSG RN 02.058

A1.11 ~~Radprofil SLM 46003~~

A1.1211 Radprofil DB 60°/4020

A1.1312 Radprofil Matisa MR 10443.0

A1.1413 Radprofil Plasser UD00.1035

A1.1 ~~A1.1~~ Radprofil SBB 28-2

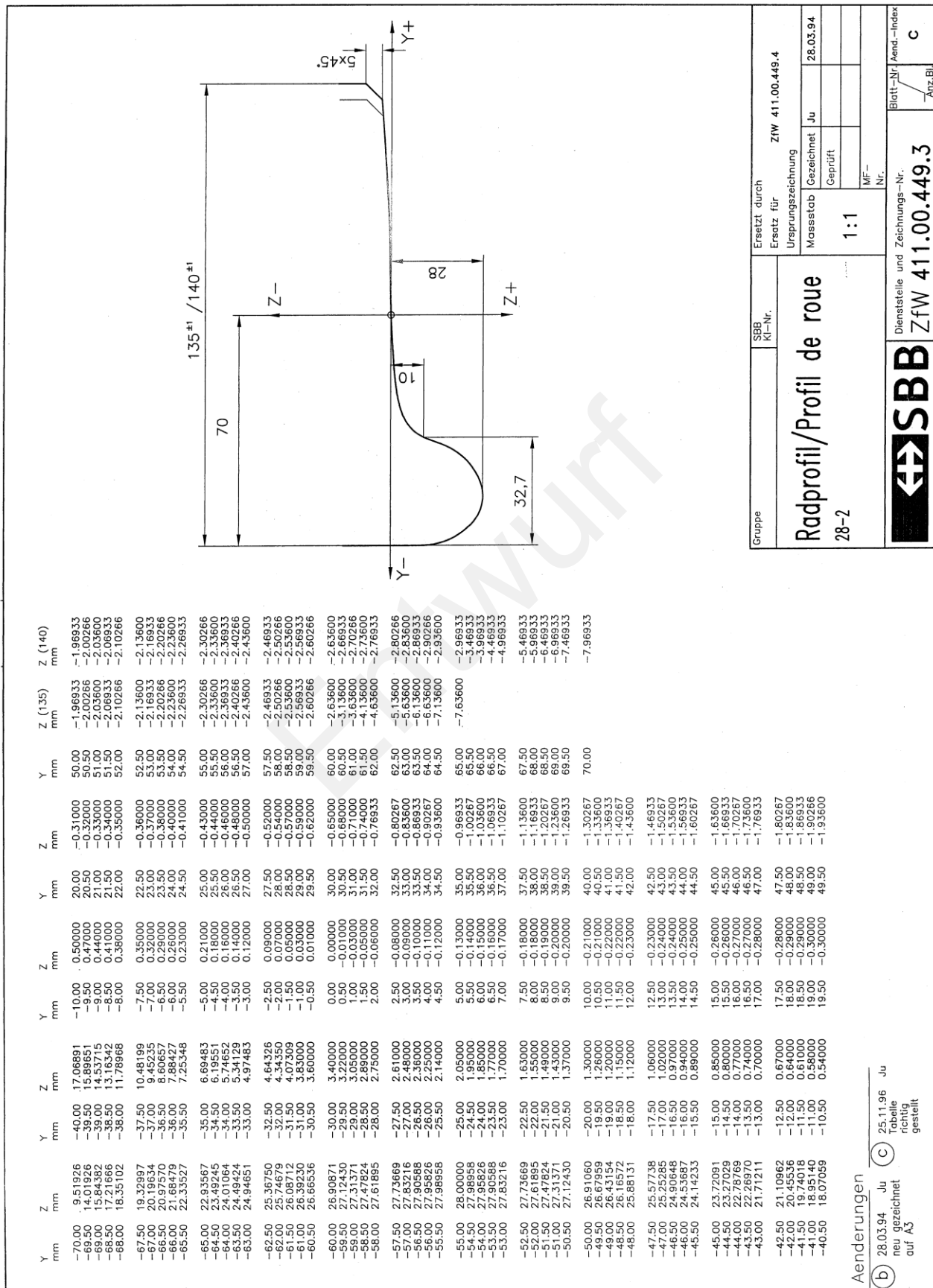


Abb. A1-1: Abbildung A1-1: Radprofil SBB 28-2.

A1.2 ~~A1.2~~Radprofil SBB 28-2 Reduktion I

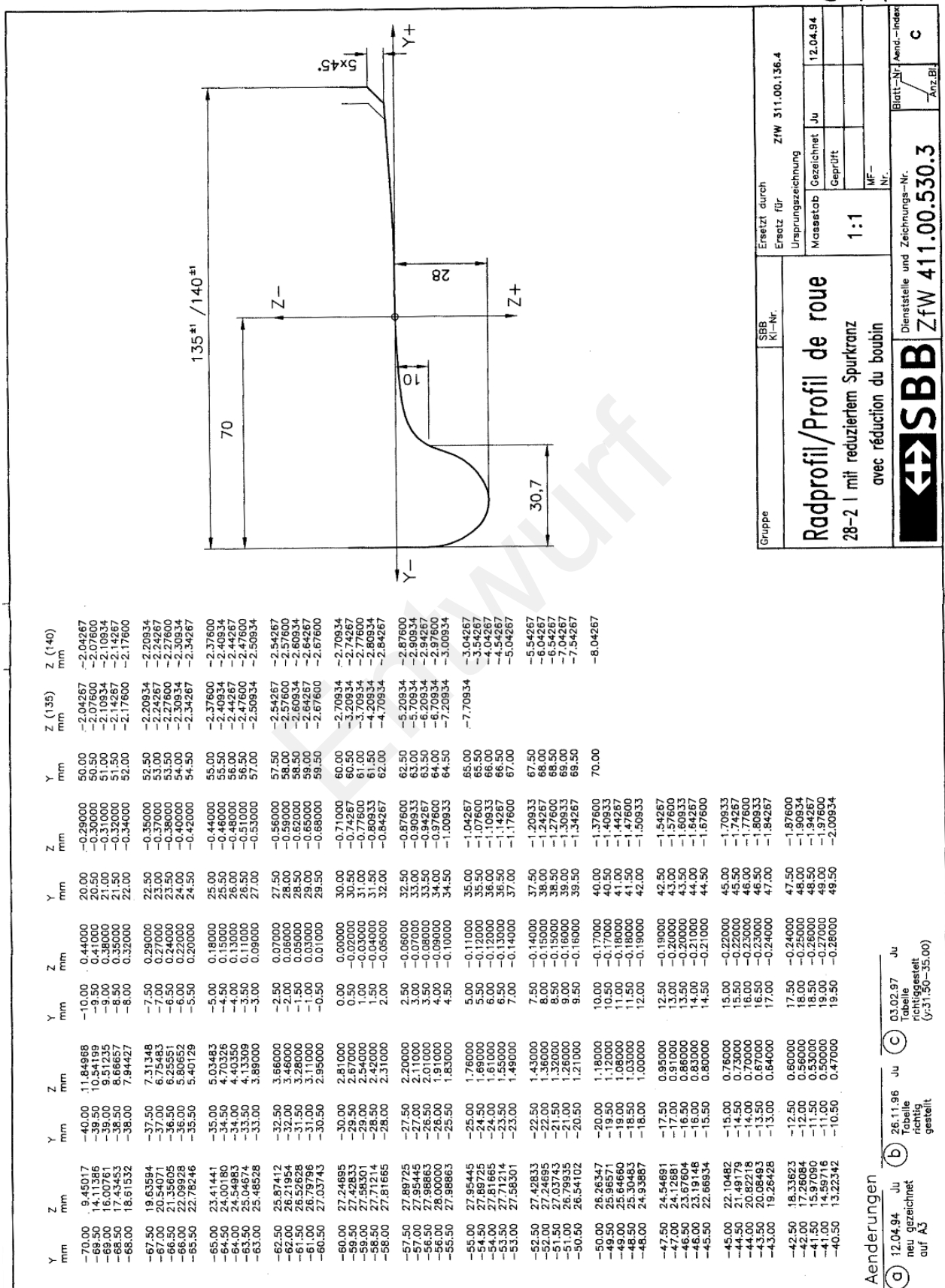


Abb. A1-2: Abbildung A1-2: Radprofil SBB 28-2 Reduktion I

A1.3 A1.3 Radprofil SBB 28-2 Reduktion II

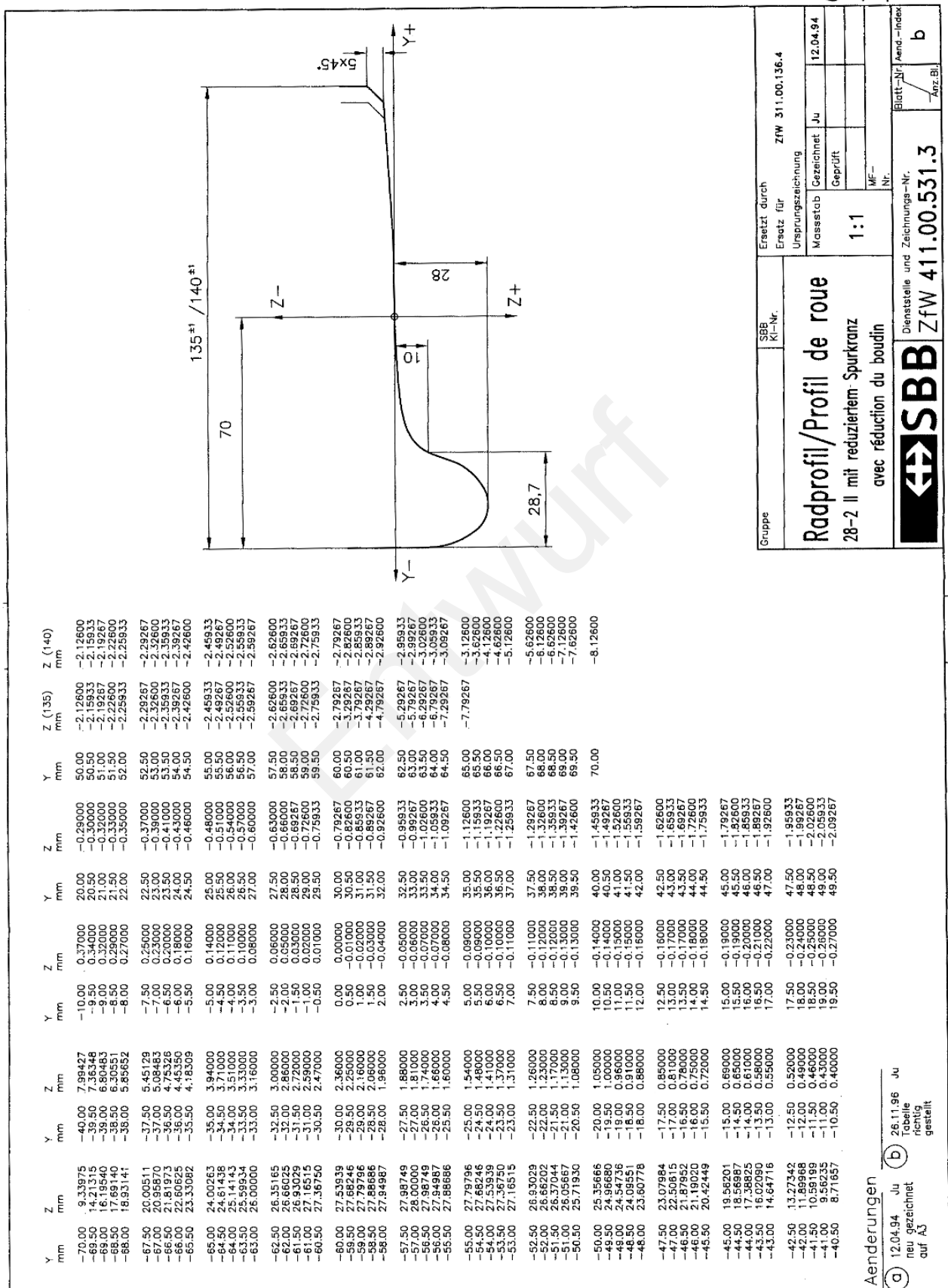
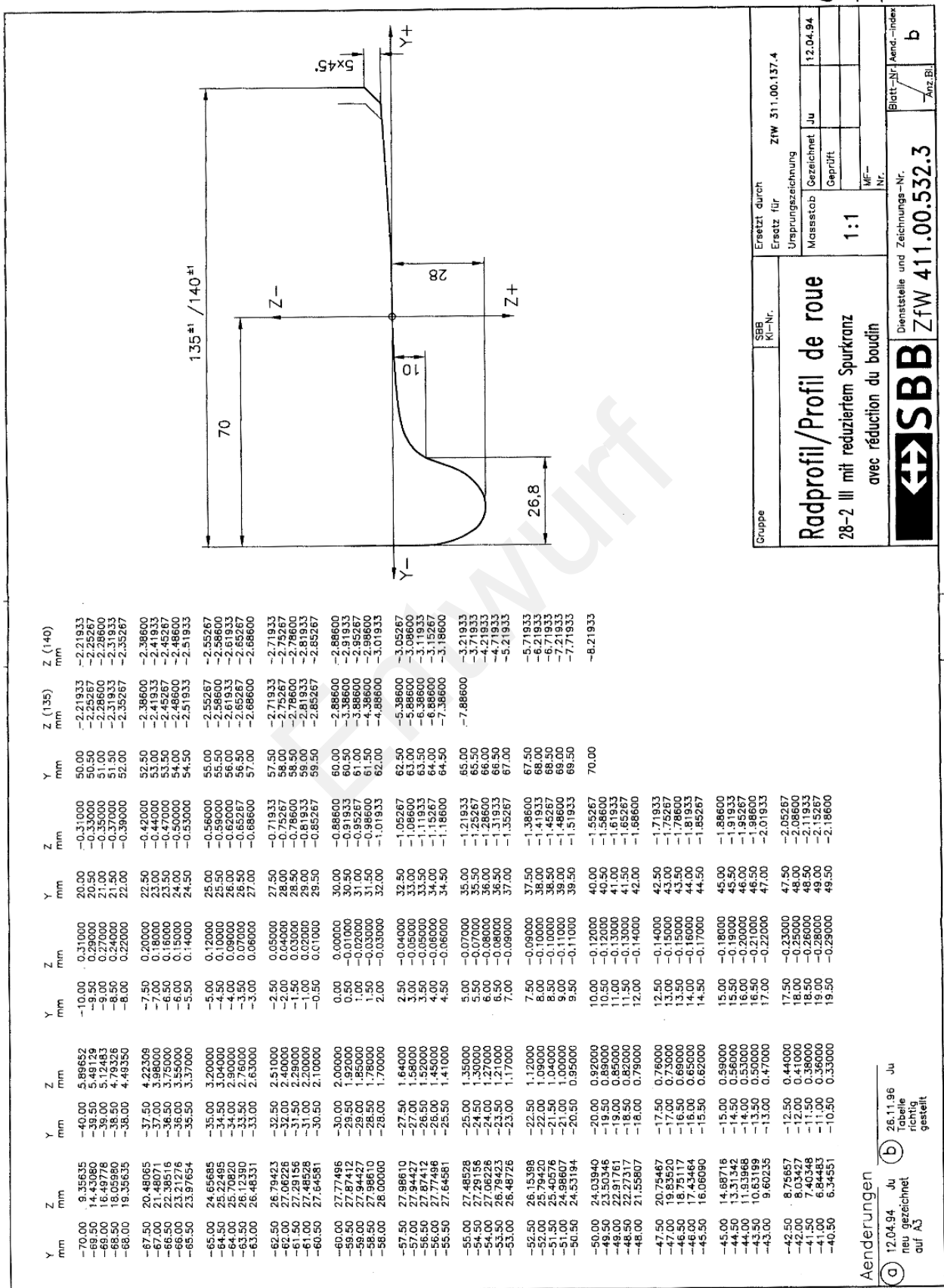


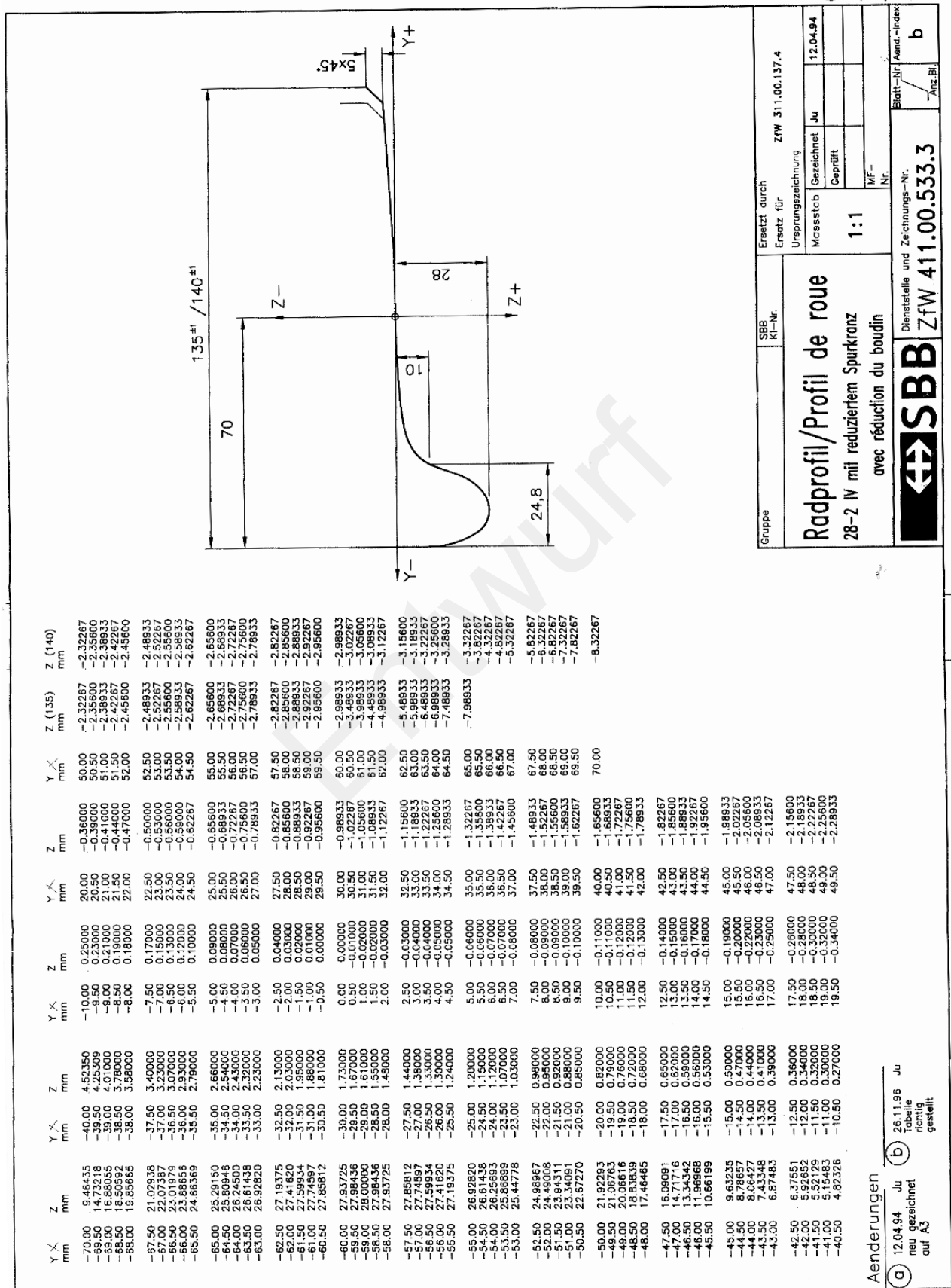
Abb. A1.3: Abbildung A1.3: Radprofil SBB 28-2 Reduktion II

A1.4 ~~A1.4~~Radprofil SBB 28-2 Reduktion III



~~Abb. A1-4: Abbildung A1-4: Radprofil SBB 28-2 Reduktion III~~

A1.5 ~~A1.5~~Radprofil SBB 28-2 Reduktion IV

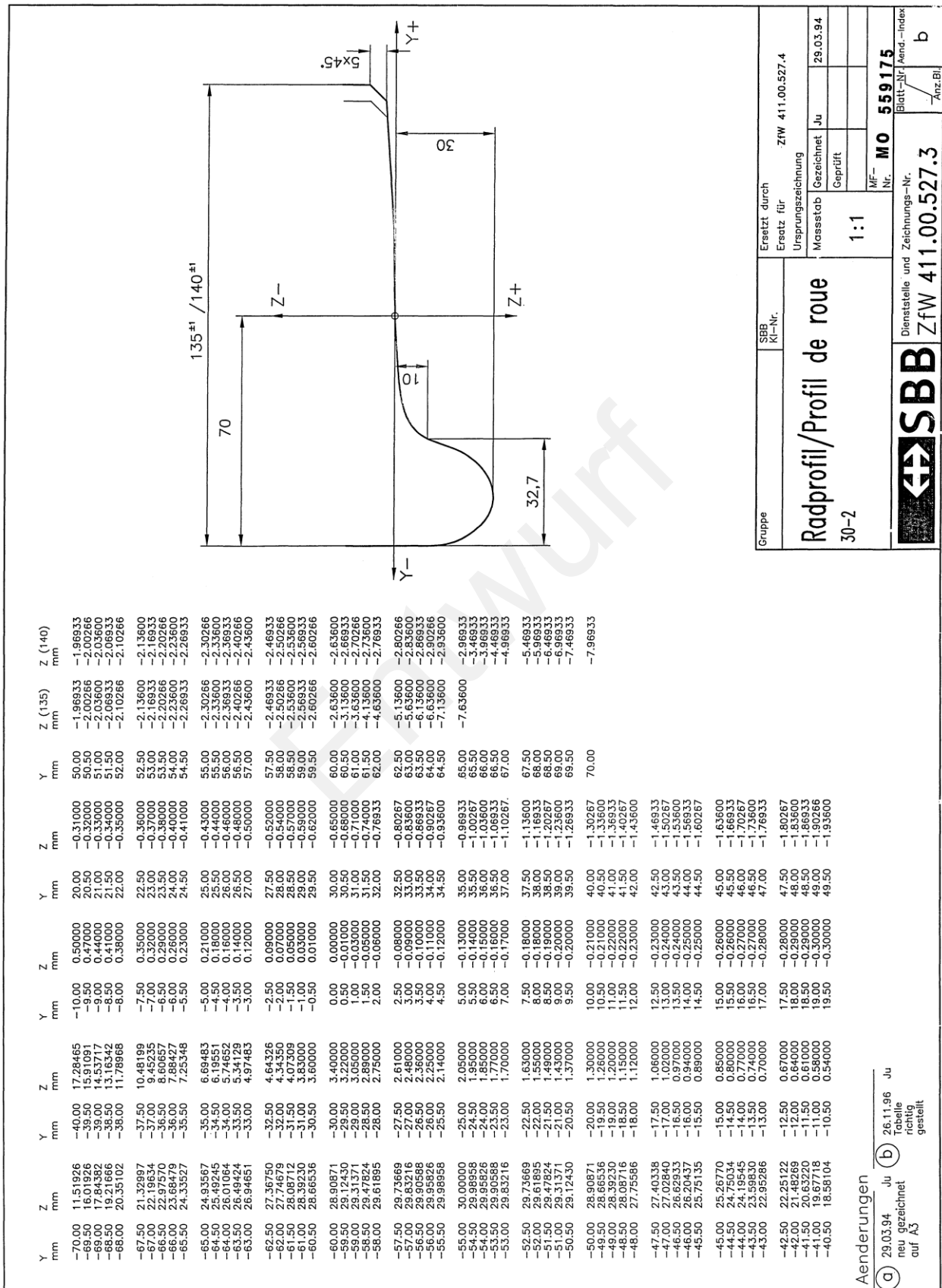


~~Abb. A1-5: Abbildung~~ A1-5: Radprofil SBB 28-2 Reduktion IV

~~Abb. A1-6: Abbildung A1-6: Radprofil SBB 28-3.~~



A1.7 ~~A1.7~~ Radprofil SBB 30-2



~~Abb. A1-7:~~ Abbildung A1-7: Radprofil SBB 30-2:

A1.8 A1.8 Radprofil SBB 30-3

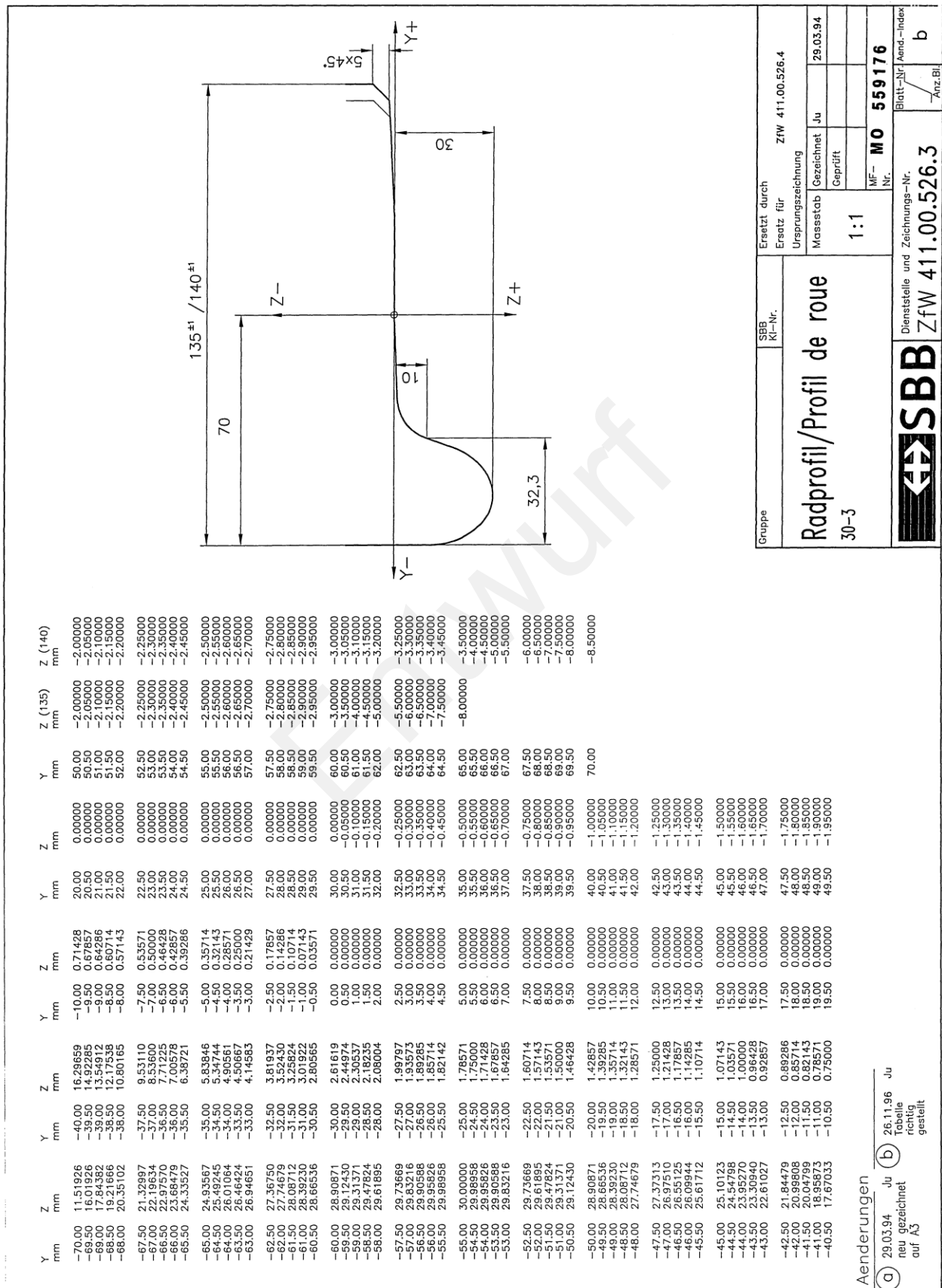


Abb. A1-8: Abbildung A1-8: Radprofil SBB 30-3.

Abb. A1-9: Abbildung A1-9: Radprofil SBB 32-3



A1.10 A1.10 Radprofil VSG RN02.058

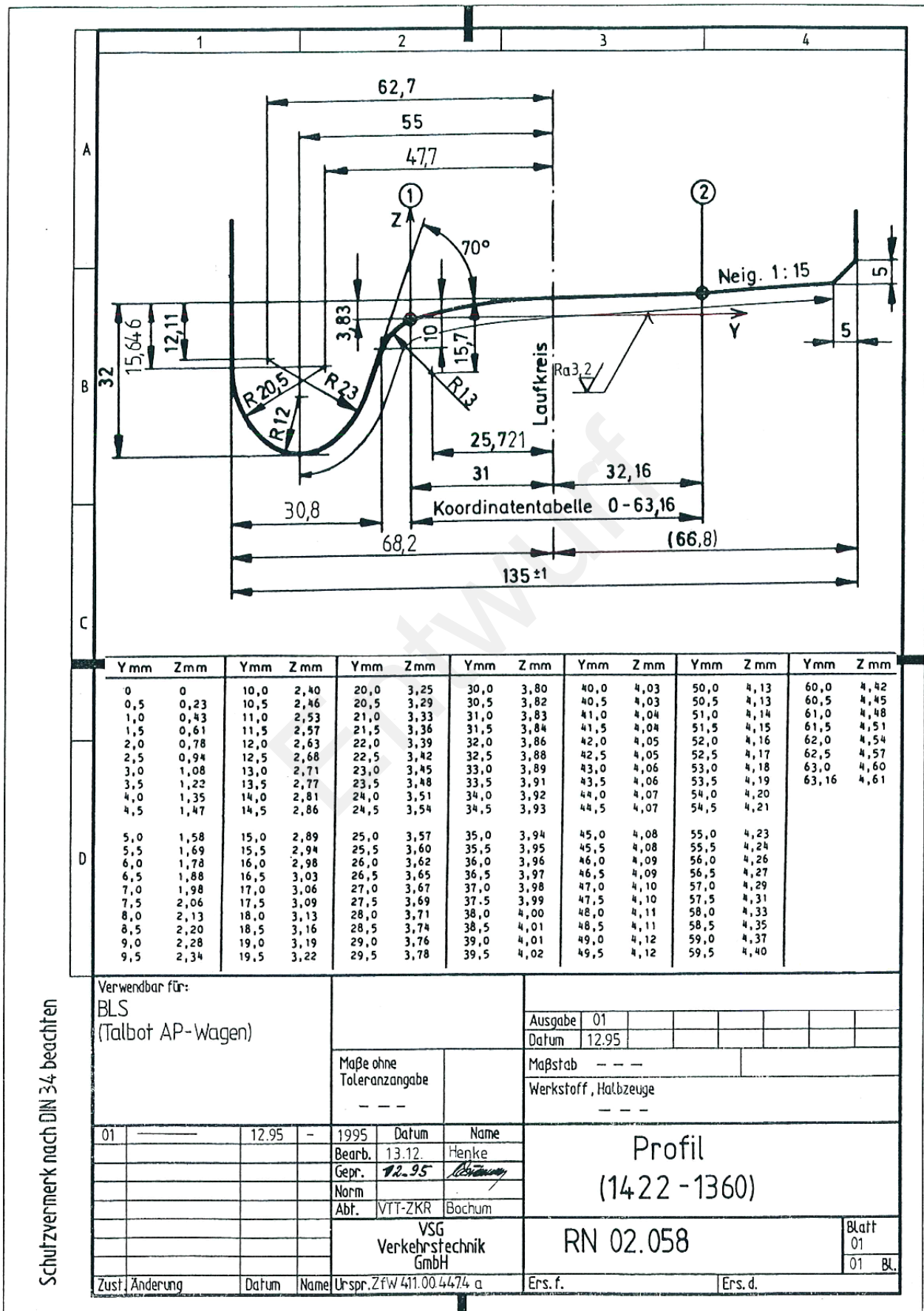
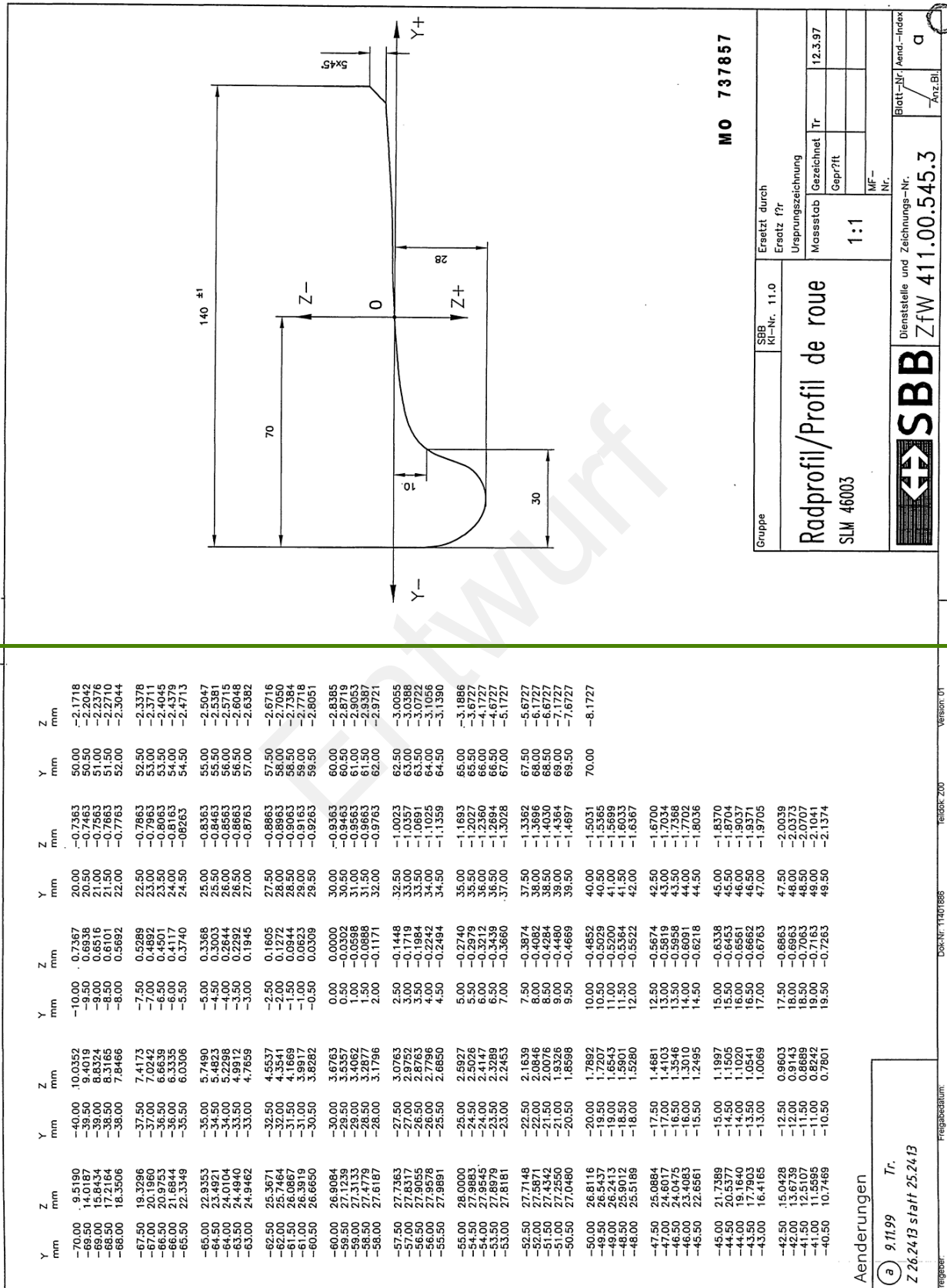


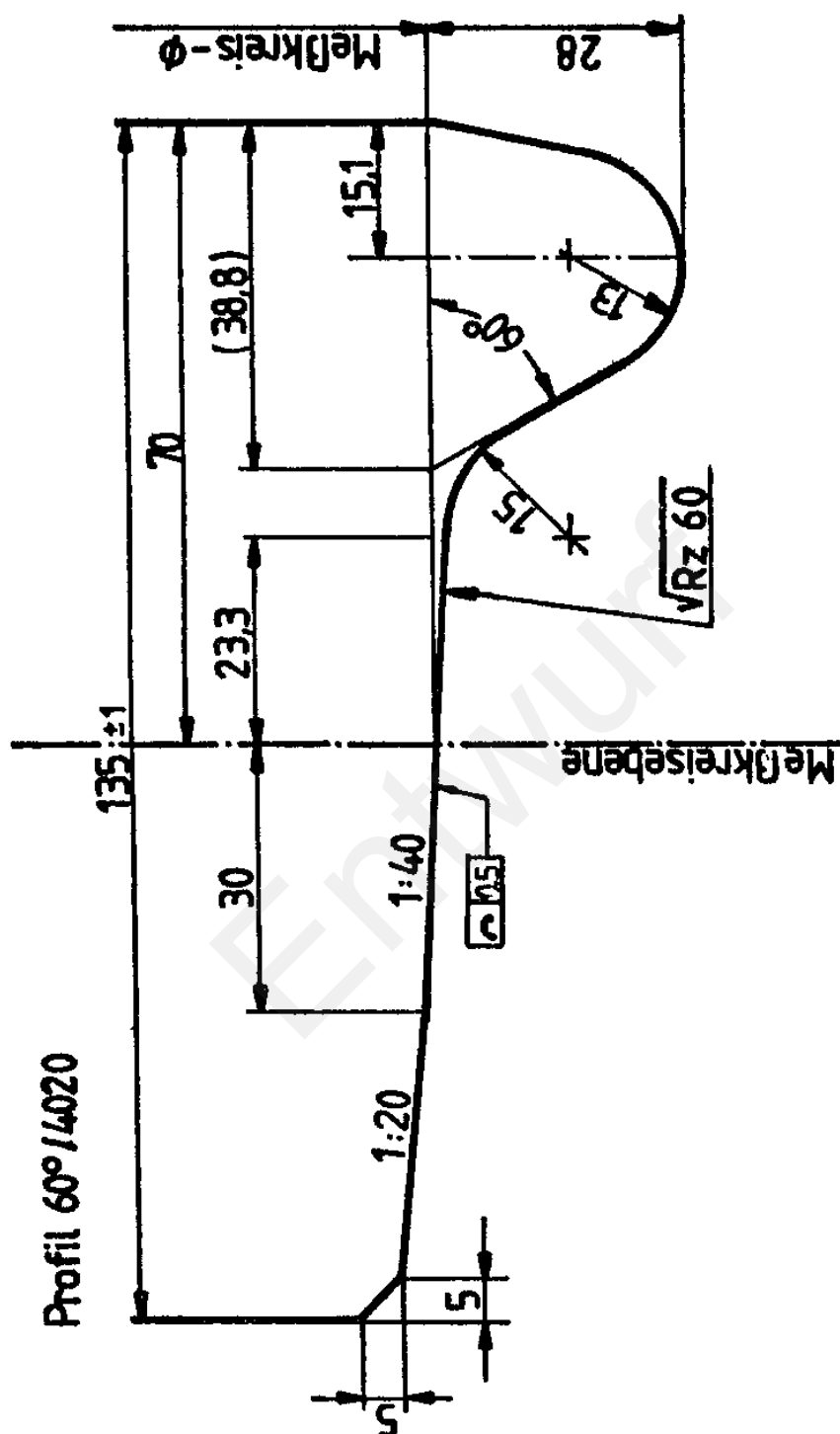
Abb. A1-10: Abbildung A1-10: Radprofil VSG RN02.058

~~A1.11 Radprofil SLM 46003~~



~~Abb. A1-11: Radprofil SLM 46003~~

A1.11 ~~A1.12~~ Radprofil DB 60°/4020



~~Abb. A1-12: Abbildung A1-11: Radprofil DB 60°/4020-~~

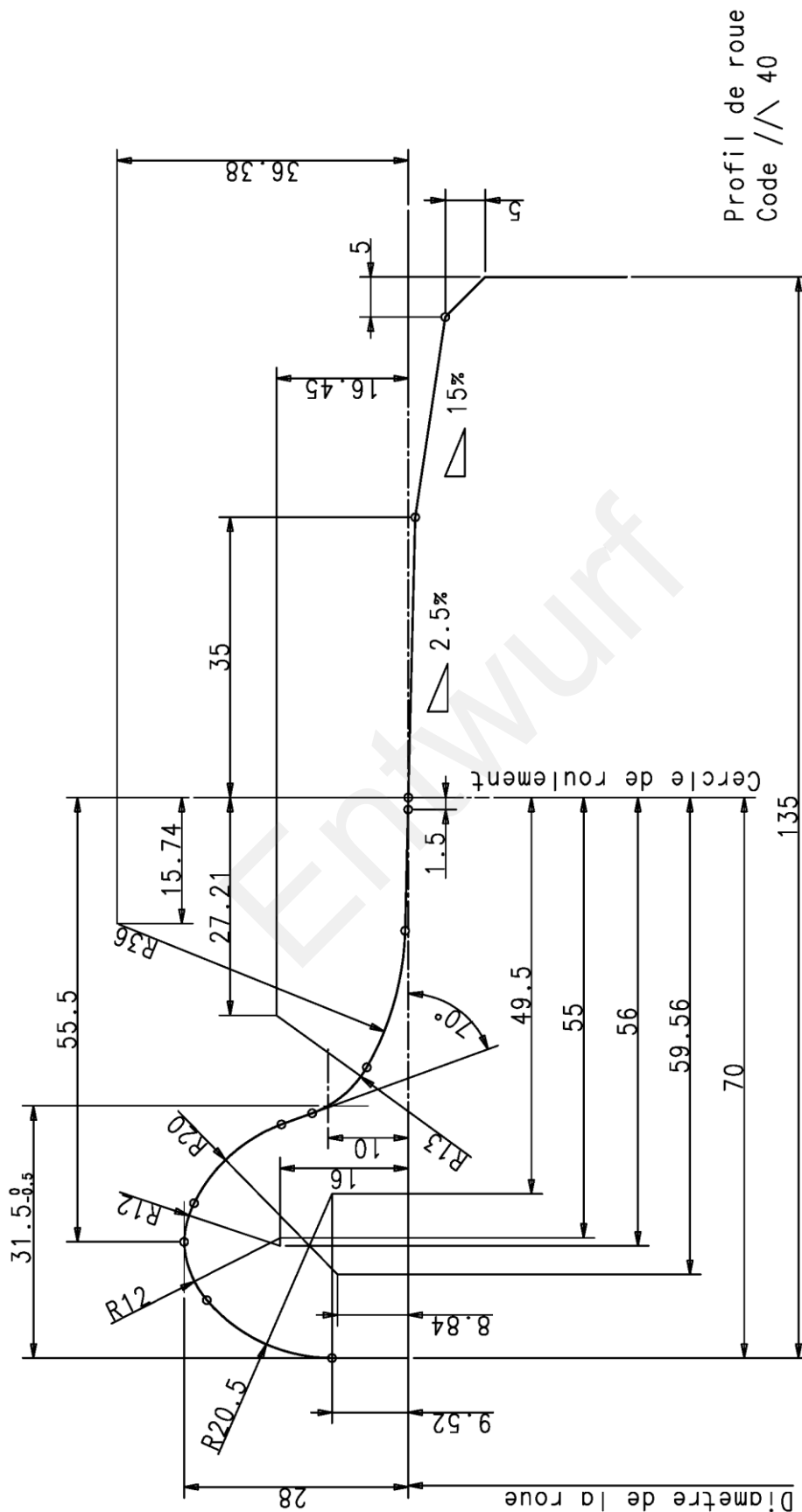
Legende zu Abbildung A1-11:

Profil-Form	Lfd. Nr.	Verwendungszweck der Radsätze für
60°/4020	5	Reisezugwagen mit Drehgestell BA MD 36 ohne Schlingerdämpfer für $v > 160$ km/h und Reisezugwagen mit Drehgestell BAGörlitz $v > 120$ km/h.

| ~~Tabelle zu Abb. A1-12: Radprofil DB 60/4020.~~

Entwurf

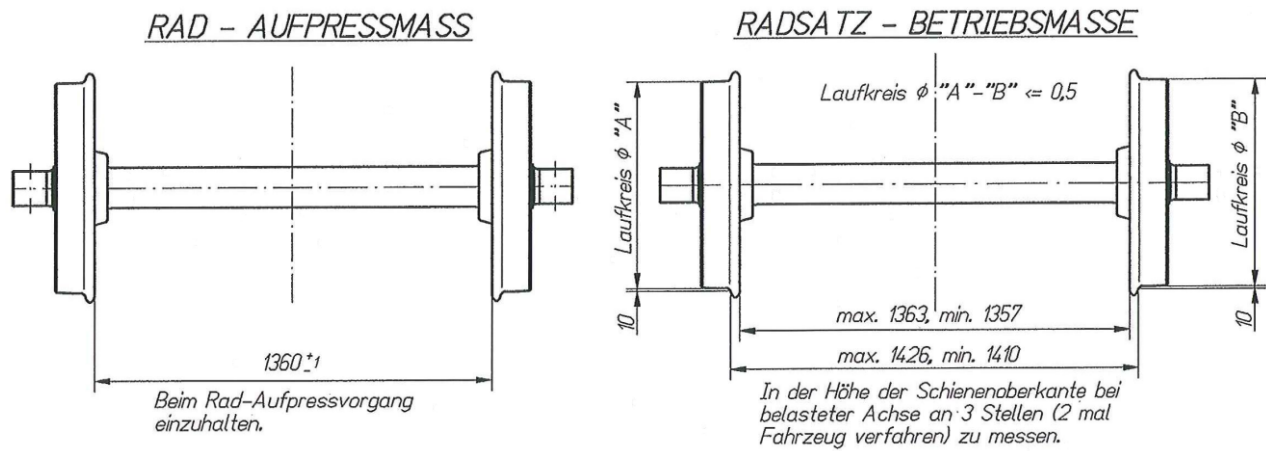
A1.12 ~~A1.13~~ Radprofil Matisa MR 10443.0

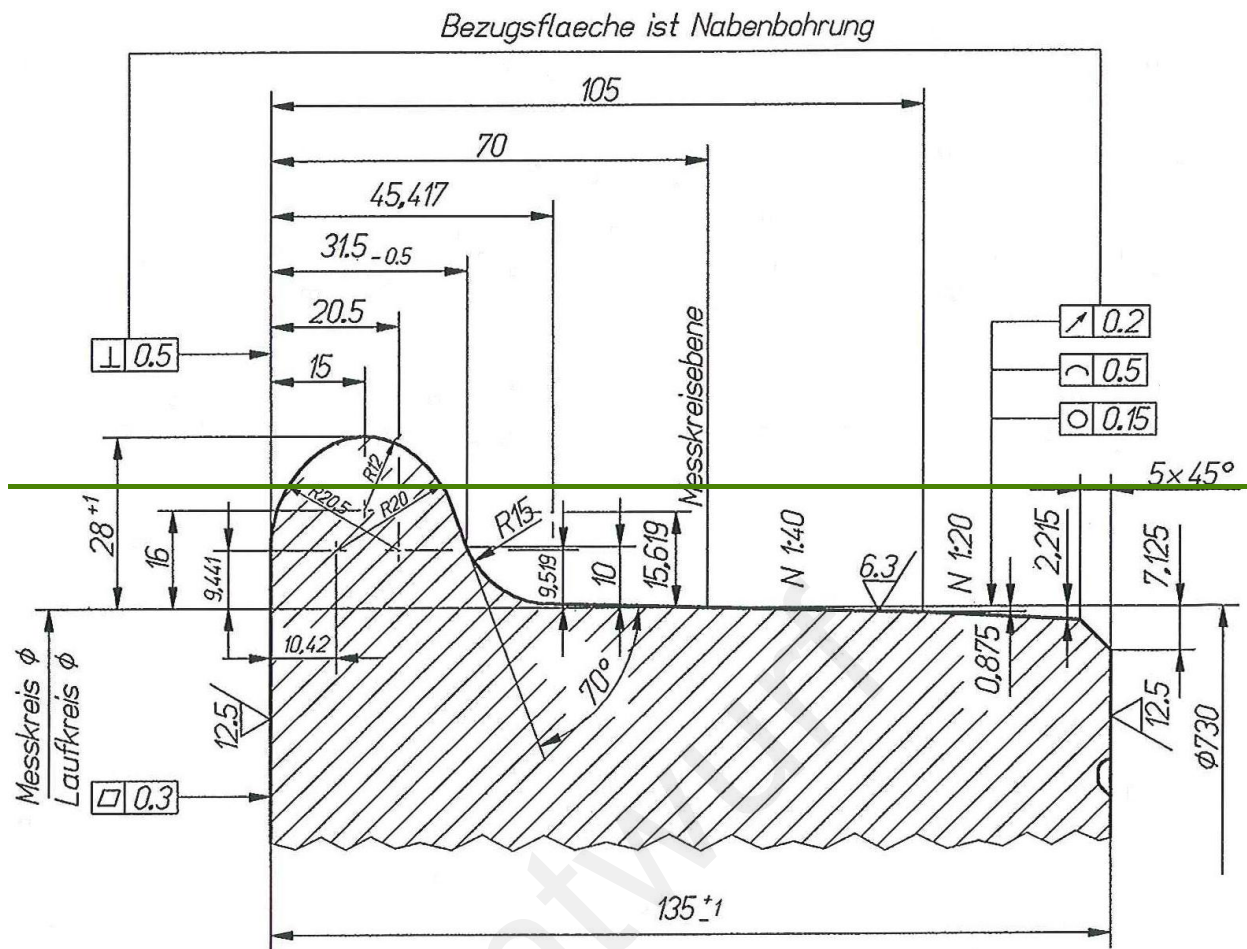


Profil dérivé du profil 1/40 de référence, conforme à la norme EN 13715, avec un boudin d'épaisseur 31.5 et d'une contre pente de 15%

Abb. A1-13: Abbildung A1-12: Radprofil Matisa MR 10443.0, SN EN 13715 - 1/40 / 31.5 / 15%, Raddurchmesser > 760 mm.

A1.13 ~~A1.14~~ Radprofil Plasser UD00.1035





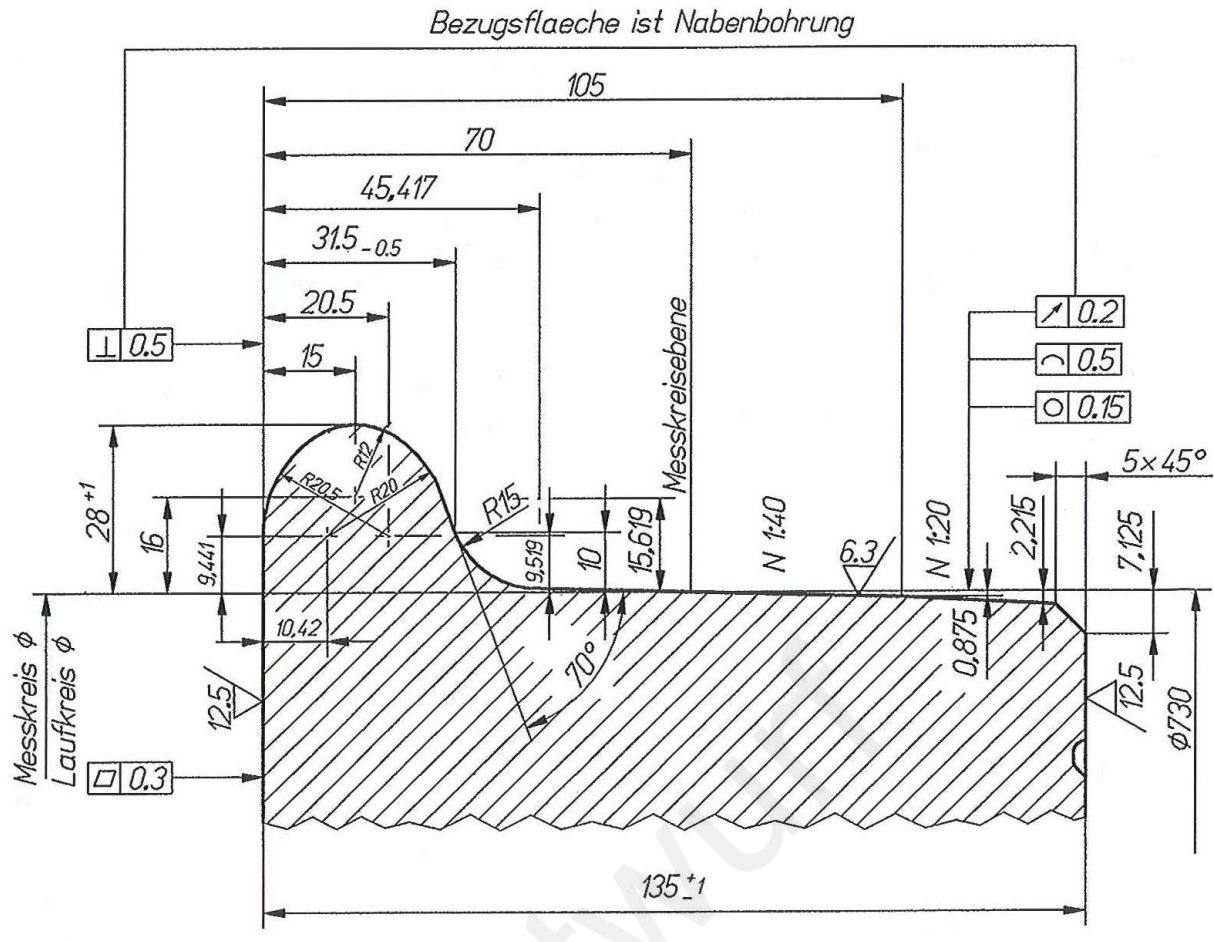


Abb. A1-14: Abbildung A1-13: Radreifenprofil Plasser, Raddurchmesser > 840 mm.

Legende zu Abbildung A1-13:

Statische Unwucht	Rad: ≤ 50 gm
	Radsatz: ≤ 125 gm
Nur wenn von Bahnverwaltung vorgeschrieben	

~~Tabelle zu Abb. A1 14: Radprofil Plasser.~~

Entwurf

A2 ~~A2~~ Zeichnungen von mechanischen Messgeräten

Übersicht der Zeichnungen von mechanischen Messgeräten:

A2.1	Spurkranzmesslehre
-------------	--------------------

A2.2	q _R -Mass-Lehre
-------------	----------------------------

A2.3	Hohllauflehre
-------------	---------------

A2.4	Lehre Radkranzbreite
-------------	----------------------

Entwurf

A2.1 A2.1 Spurkranzmesslehre

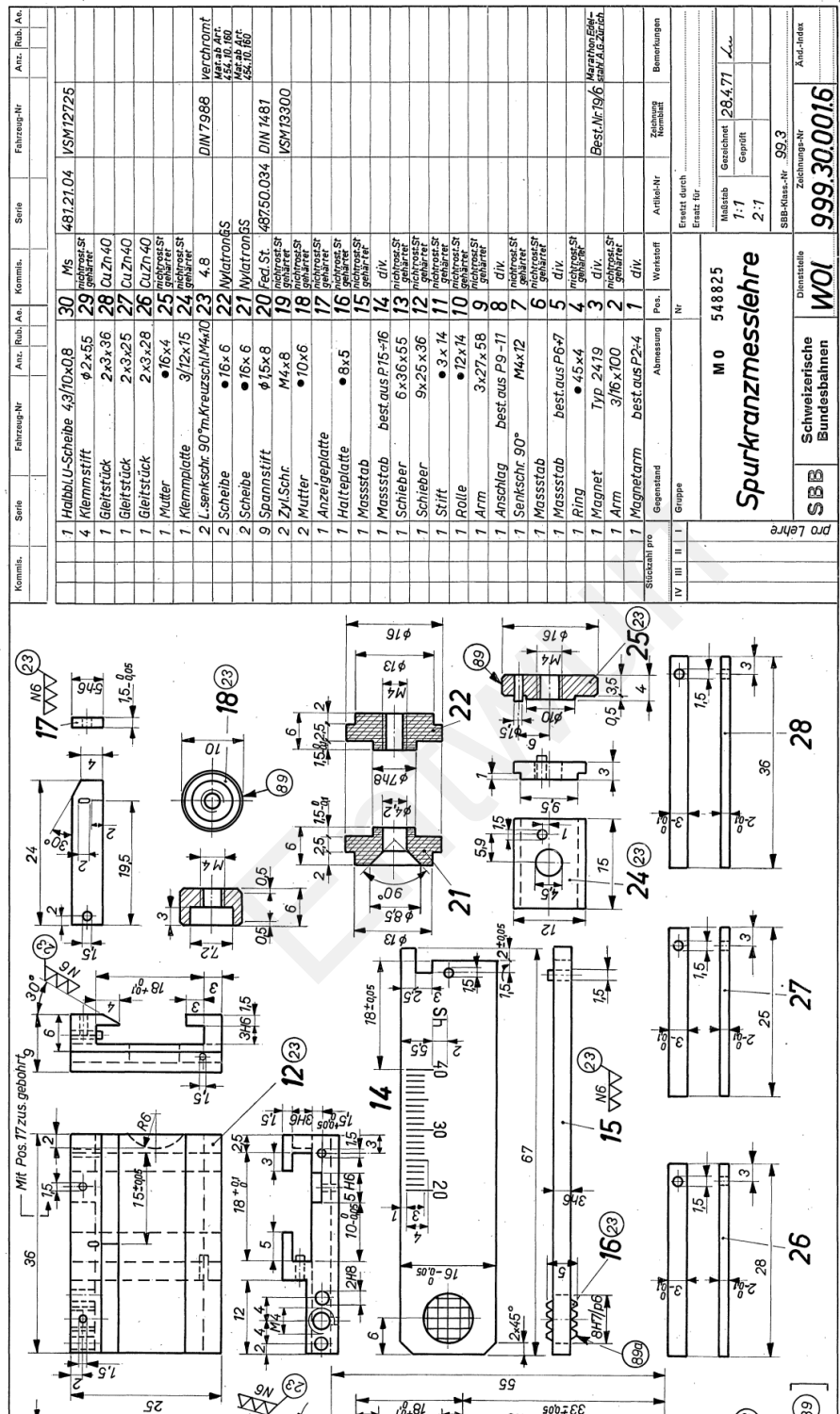


Abb. A2-1: Abbildung A2-1: Spurkranzmesslehre, Teil 1

Entwurf

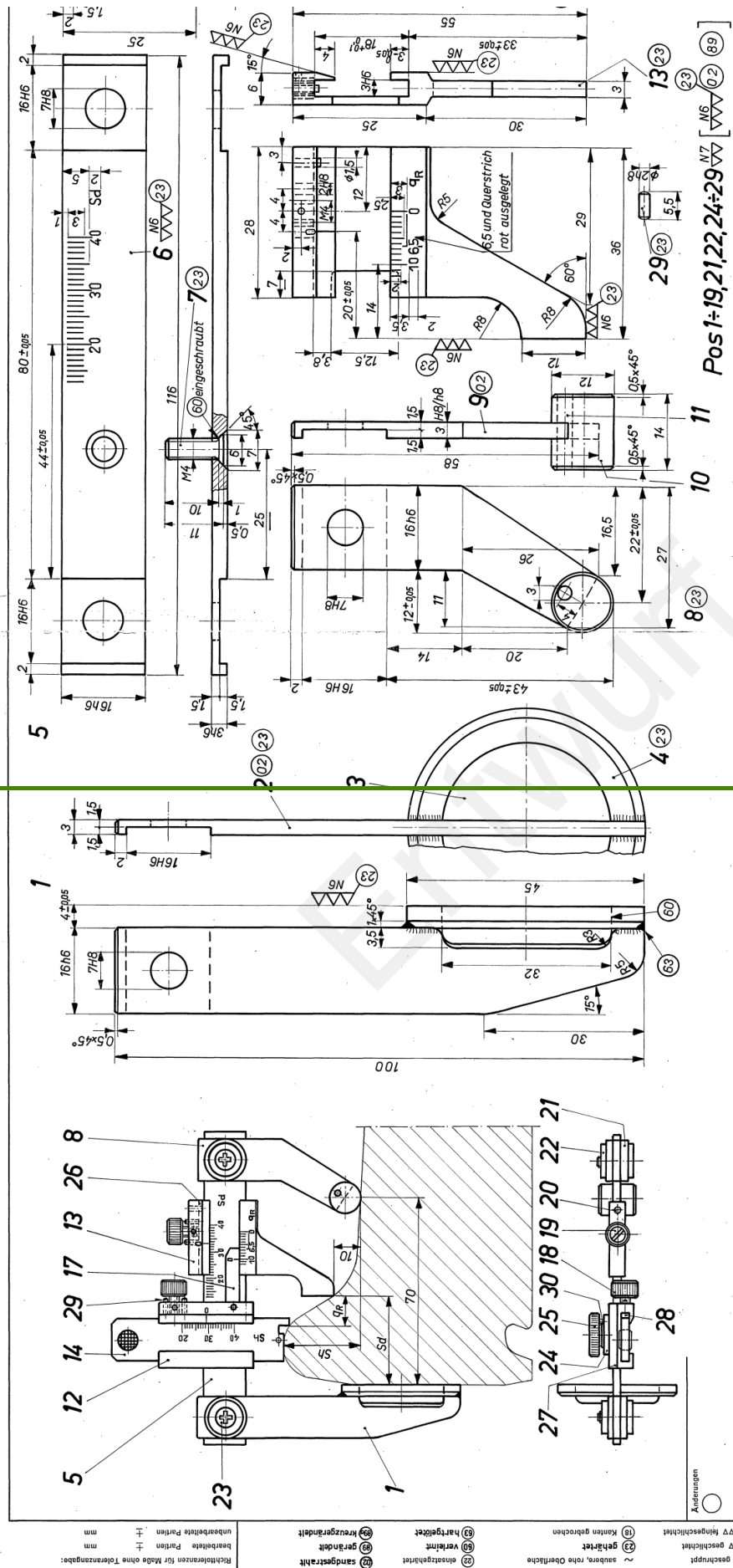
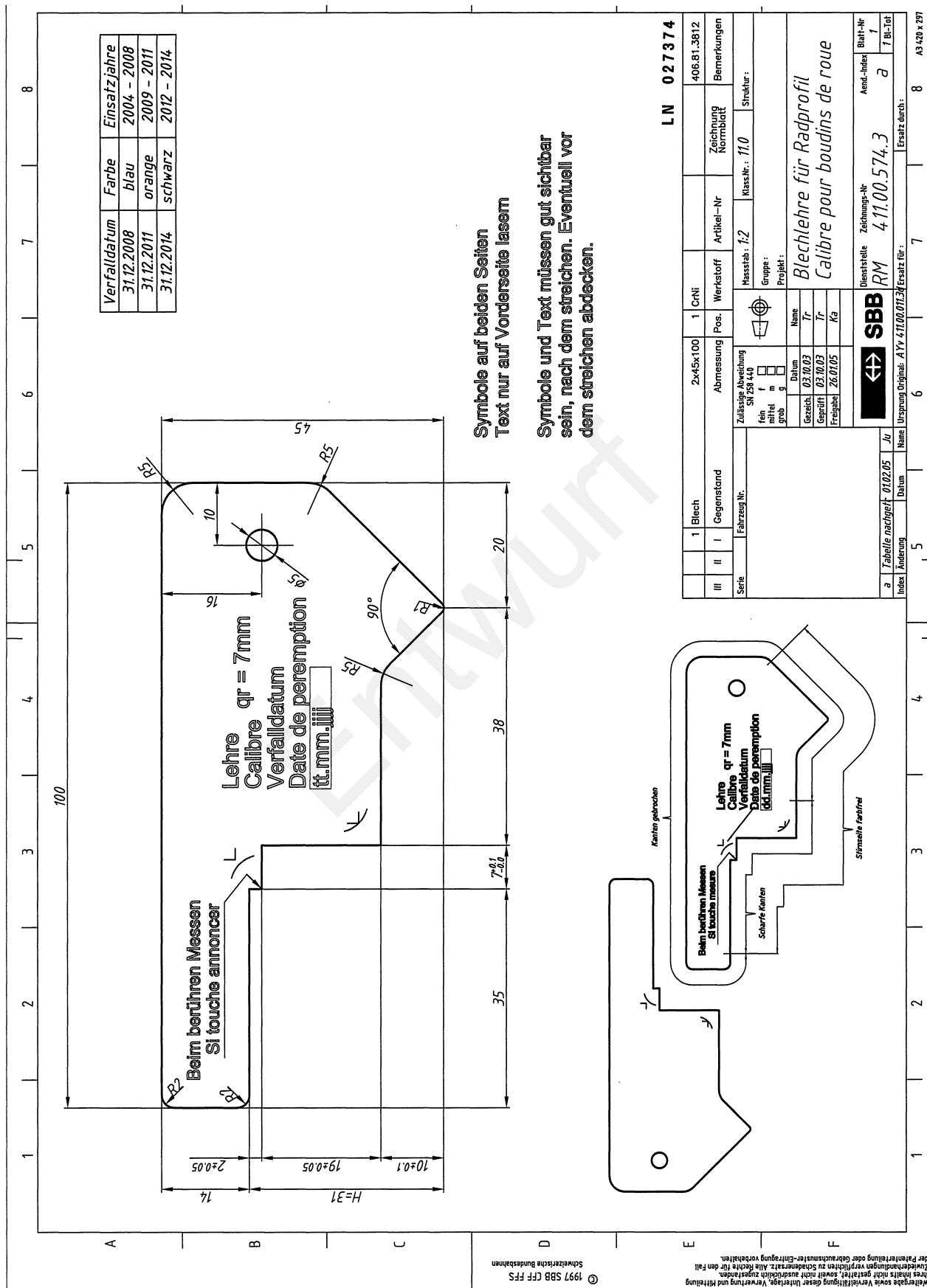




Abbildung A2-2: Spurkranzmesslehre, Teil 2.

Entwurf einzige Vernehmlassung vom 3.8.2026 mit Differenzen zur 1. Ausgabe

A2.2 ~~A2.2~~q_R-Mass-Lehre



~~Abb. A2-3: q_R-Mass-Lehre.~~

A2.3 Abbildung A2-3: q_R -Mass-Lehre

Entwurf

A2.3 Hohlauflehre

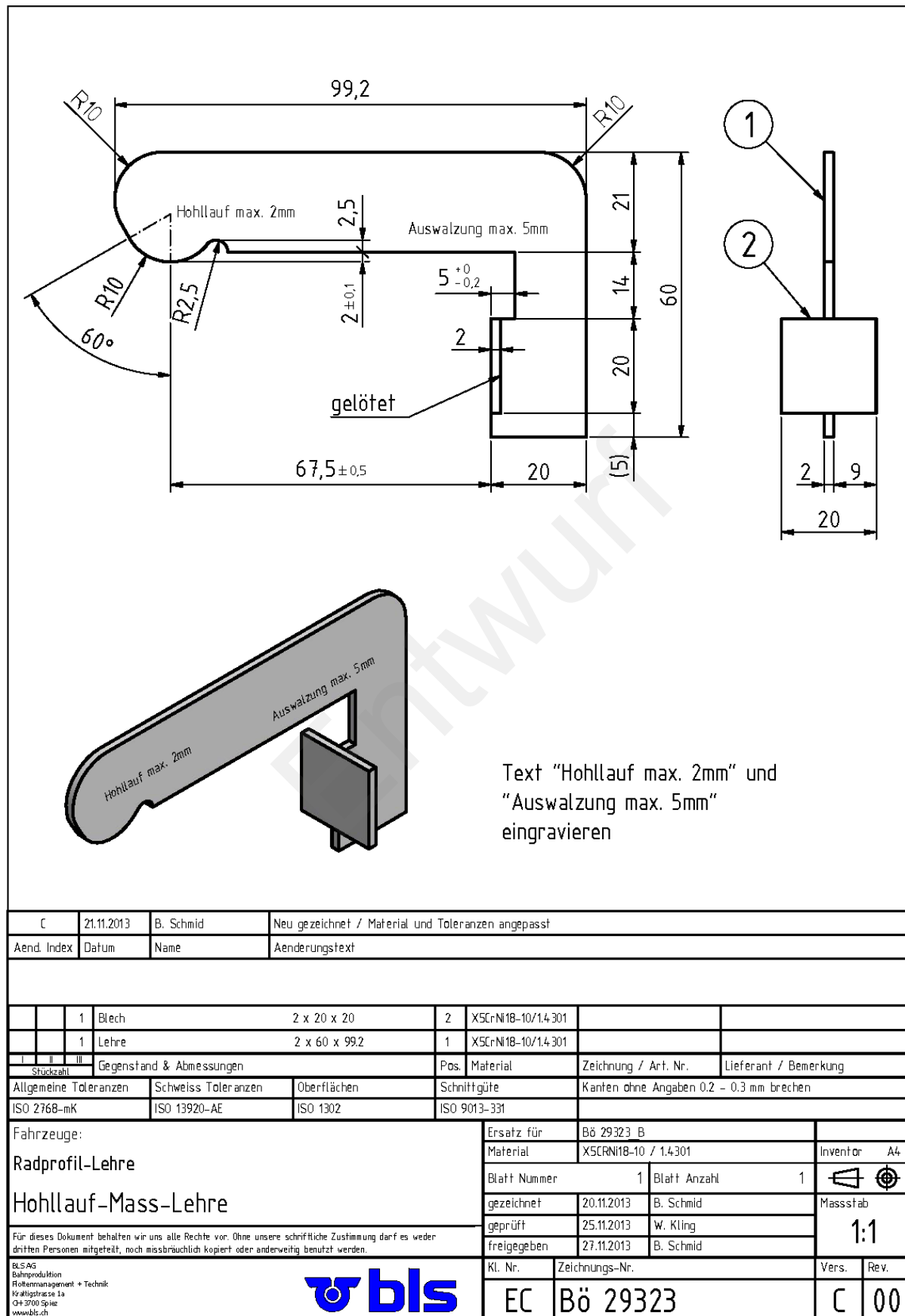


Abb. A2 4: Hohlauflehre

A2.4 Abbildung A2_4: Hohllauflehre

Entwurf

A2.4 Lehre Radkranzbreite

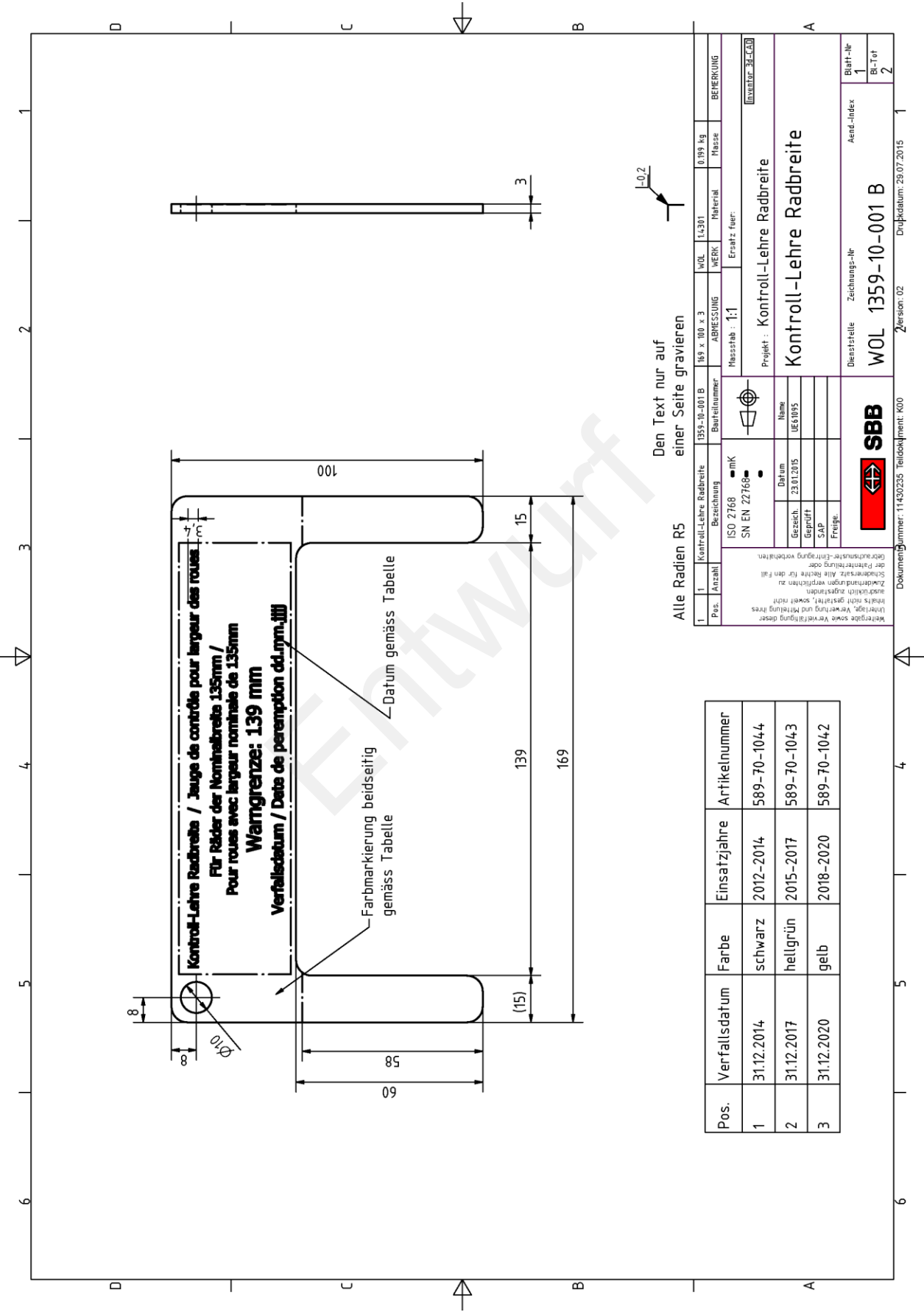


Abb. A2-5: Abbildung A2-5: Lehre Radkranzbreite

A3 ~~A3~~ Ursachenkatalog Profildrehen

Das Aufdrehen eines Radprofils auf Radsätze erfolgt aus verschiedenen Gründen. Die Angabe des oder der Gründe, warum das Profil neu aufgedreht werden musste kann oft helfen, Schadensmechanismen zu erkennen und Massnahmen dagegen einzuleiten.

Eine Auflistung der möglichen Ursachen ist nachfolgend angegeben. Diese werden vorzugsweise codiert (numerisch oder alphanumerisch) auf den Bearbeitungsrapporten angegeben. Damit ist eine statistische Auswertung der Ursachen möglich.

Zur besseren Übersicht wird in fünf Grundursachen unterteilt:

- **Lauffläche:** Unter diesem Bereich laufen alle Schäden auf der Lauffläche, insbesondere Materialschädigungen
- **Radprofil:** Dieser Block beinhaltet alle Überschreitungen geometrischer Grenzwerte am Radprofil
- **Raddurchmesser:** Hier werden als Ursachen die Abweichung vom geforderten Raddurchmesser und der Rundheitsform aufgeführt
- **Produktion:** Beinhaltet alle bei der Radsatzproduktion notwendigen Gründe zur Reprofilierung
- **Besonderheiten:** Unter diesen Bereich fallen alle sonstigen Gründe wie z.B. das Aufdrehen von Versuchsprofilen

Um bei den Laufflächenschäden eine gute Übersicht zu erhalten soll der Ort des Auftretens bei RCF-Rissen und Ausbröckelungen angegeben werden. Dazu wird die Lauffläche in vier Zonen gemäss ~~Abb. A3-1~~ **Abbildung A3-1** eingeteilt. Die Angabe der Zone ist notwendig, um die Entstehung der Fehler besser deuten zu können.

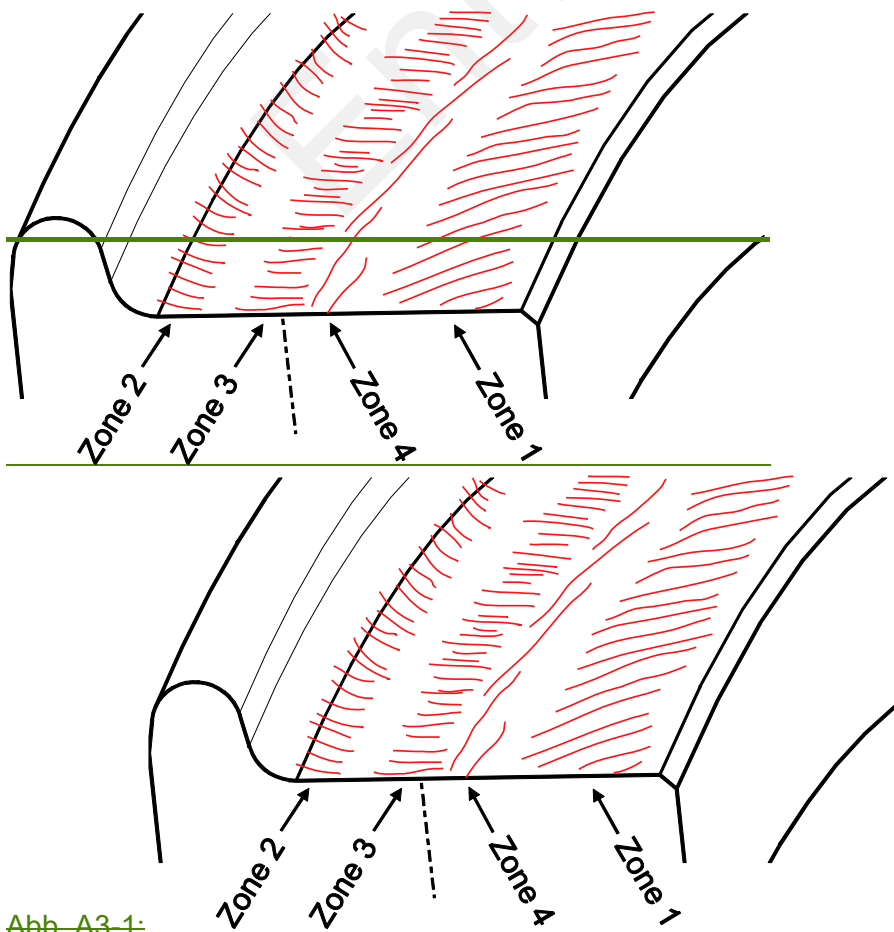


Abb. A3-1:

Abbildung A3_1: Schädigungszonen auf der Lauffläche bei Rollkontaktermüdung (RCF)

Die den Grundursachen zugeordneten Einzelgründe werden mit einer Bezeichnung benannt, gefolgt von einem dreistelligen numerischen Code (Zahlen) und einem zwei- bis vierstelligen alphanumerischen Code (Buchstaben) sowie einem Verweis auf das entsprechende Kapitel, in dem der Fehler näher beschrieben wird.

Bei der Verwendung des Codes ist der Anwender frei in der Wahl der Codearten (Zahl oder Buchstaben).

Bei Systemen, die nur einen Bearbeitungsgrund erfassen können ist stets die dominante Ursache anzugeben.

Entwurf

Entwurf

1. Lauffläche

1. Lauffläche

Bezeichnung		Code	Kapitel/Ab- schnitt
Flachstellen +/ verschliffen	10	FST	6.6.2.5 6.6.2.5
Materialauftragung	11	MATA	6.6.2.5 6.6.2.5
Umlaufende Rillen auf der Lauffläche	12	RLF	6.6.2.8.4 6.6.2.8.4
Schlupfband +/ Gleitstellen	13	SLP	6.6.2.8.2 6.6.2.8.2
Krötenhaut	14	KTN	6.6.2.8.1 6.6.2.8.1
Risse (RCF) Zone 1	15	RCF1	6.6.2.8.1 6.6.2.8.1
Risse (RCF) Zone 2	16	RCF2	6.6.2.8.1 6.6.2.8.1
Risse (RCF) Zone 3	17	RCF3	6.6.2.8.1 6.6.2.8.1
Risse (RCF) Zone 4	18	RCF4	6.6.2.8.1 6.6.2.8.1
Ausbröckelungen umlaufend Zone 1	19	ABR1	6.6.2.6 6.6.2.6
Ausbröckelungen umlaufend Zone 2	20	ABR2	6.6.2.6 6.6.2.6
Ausbröckelungen umlaufend Zone 3	21	ABR3	6.6.2.6 6.6.2.6
Ausbröckelungen umlaufend Zone 4	22	ABR4	6.6.2.6 6.6.2.6
Ausbröckelungen lokal	23	ABRL	6.6.2.6 6.6.2.6
Eindrücke +/ Einprägungen auf der Lauffläche	24	ELF	6.6.2.8.2 6.6.2.8.2

Abb. A3-2: Abbildung A3-2: Ursachenkatalog: 1. Lauffläche

Entwurf

2. Radprofil**2. Radprofil**

Bezeichnung		Code	Kapitel/Ab- schnitt
Spurkranzhöhe Sh	30	SH	6.6.1.16.6. 1.1
Spurkranzdicke Sd	31	SD	6.6.1.26.6. 1.2
q_R -Mass	32	QR	6.6.1.36.6. 1.3
Spurmass S_R	33	SR	6.6.1.66.6. 1.6
Auswalzung	34	AW	6.6.1.46.6. 1.4
Hohllauf	35	HL	6.6.1.56.6. 1.5
Spurkranz mit Gratbildung	36	SG	6.6.2.76.6. 2.7

Abb. A3-3: Abbildung A3-3: Ursachenkatalog: 2. Radprofil-**3. Raddurchmesser****3. Raddurchmesser**

Bezeichnung		Code	Kapitel/Ab- schnitt
Aangleich Raddurchmesser an anderen Radsatz im Fahrwerk-/Fahrzeug	40	ARDF	6.6.2.36.6. 2.3
Durchmesserdifferenz Rechts - Links	41	DDRL	6.6.2.36.6. 2.3
Polygonbildung	42	POLY	6.6.2.16.6. 2.1

Unrundheit	43	UNRD	6.6.2.1 6.6.2.1
Singuläre Abplattung	44	SIAB	6.6.2.8.5 6.2.8.5

~~Abb. A3-4:~~ Abbildung A3-4: Ursachenkatalog: 3. Raddurchmesser

Entwurf

Entwurf

4. Produktion			
4. Produktion			
Bezeichnung		Code	Kapitel/Ab-schnitt
Neue Vollräder	50	NVR	—
Neue Radreifen	51	NRD	—
Wellenzentrum nachgedreht	52	WZN	—
Gebrauchte Vollräder montiert	53	GVRM	—

Abb. A3-5: Abbildung A3-5: Ursachenkatalog: 4. Produktion:

5. Besonderheiten			
5. Besonderheiten			
Bezeichnung		Code	Kapitel/Ab-schnitt
Präventives Reprofilieren	60	PRAR	—
Laufleistungsabhängiges Reprofilieren	61	LLR	—
Aufdrehen von Versuchsprofil	62	VPR	—
Materialabtrag zur Durchmesserbestimmung	63	ADM	—
Änderung des Radprofils	64	AERP	—
UT-Anzeige	65	UTA	—
Materialabtragung zur UT-Prüfung	66	MAUT	—

Fremdeinflüsse (Schotterflug, etc.)	67	FEF	—
-------------------------------------	----	-----	---

Abb. A3-6: Abbildung A3-6: Ursachenkatalog: 5. Besonderheiten.

Entwurf