

R RTE 29500

Standardisierung Radsätze und Weichen

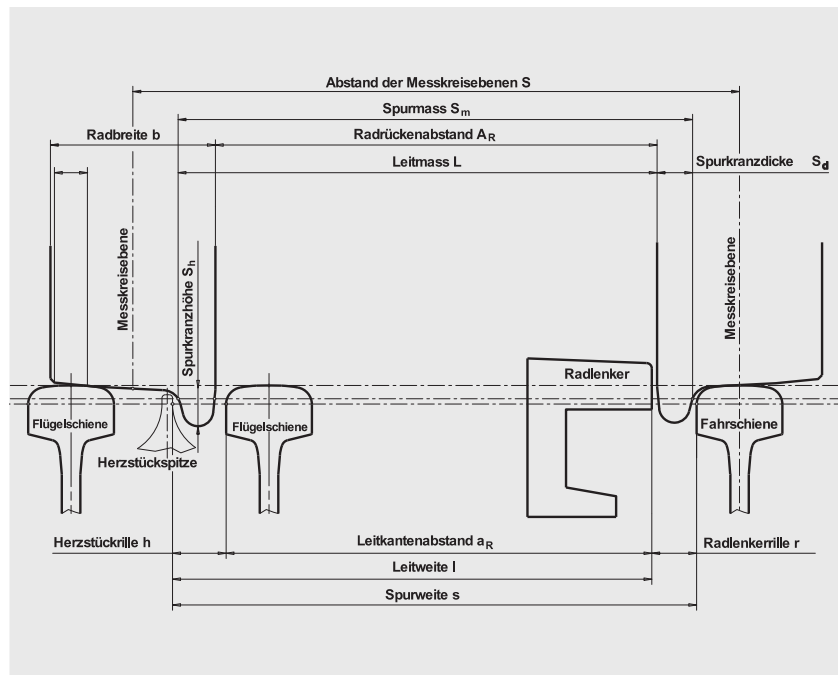
Meterspur

Entwurf für die 1. Lesung
06.06.2024

Herausgeber VöV	Ausgabedatum xx.xx.20xx	Zuordnung —
Erarbeitet durch Projektgruppe VöV	Freigabe PL RTE	Ersatz für R RTE 29500 vom 31.01.2007
Verteiler Bahnunternehmen des VöV (Meterspur) 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

Standardisierung Radsätze und Weichen

Meterspur



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 VöV**Leitung**

Gerhard Züger, Zentralbahn (zb), Stansstad

Mitglieder

Michael Bolt, Appenzeller Bahnen (AB), Herisau
Clément Granier, bis September 2021: Transports publics fribourgeois (TPF), Givisiez
Reto Häusermann, bis April 2023: Aargau Verkehr (AVA), Bremgarten AG
Felix Hofer, bis Juni 2022: Regionalverkehr Bern-Solothurn (RBS), Worblaufen
Christoph Lauper, Rhätische Bahn (RhB), Chur
Volkmar Walz, bis Mai 2023: Zentralbahn (zb), Stansstad

Projektunterstützung

Roland Müller, Gleislauftechnik Müller, Belp

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

RTE-Webshop/RTE-Download

rte.voev.ch

© Verband öffentlicher Verkehr, Bern, **Monat 20xx**

Änderungsgeschichte

Ausgabe-Datum	Änderungen
31.01.2007	1. Ausgabe
xx.xx.20xx	2. Ausgabe

Vorwort

Die vorliegende 2. Ausgabe der Regelung R RTE 29500 zeigt den aktuellen Wissensstand für die Radsätze und Weichen bei den Meter- und Spezialspurbahnen auf und umfasst Empfehlungen zur Paarung Radsatz/Weiche und deren Grenzmasse. Die Rückmeldungen zur 1. Ausgabe und neue Erkenntnisse wurden eingearbeitet.

Das Ziel einer Standardisierung zu einer Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a ist anzustreben. In Netzen, in welchen sowohl Vignol- als auch Rillenschienen befahren werden, wenden in der Regel die Paarung Radsatz/Weiche Typ B/b an oder benötigen andere Radprofile, welche unter dem Kapitel 8 «Sonderausführungen» aufgeführt sind.

Die in der RTE-Regelung beschriebenen Standards sind eine gute Ausgangsbasis für den Aufbau neuer Meterspurstrecken oder der Einführung neuer Fahrzeuge. In der Praxis sollen die Radprofile weiter Richtung optimiertes Verschleissradprofil innerhalb der Toleranzmasse weiterentwickelt werden. Damit kann die Laufleistung der Räder deutlich erhöht werden.

Stansstad, xx. Monat 202x

1	Allgemeines	9
1.1	Ziele der Regelung	9
1.2	Anwendung	9
1.2.1	Gültigkeitsbereich	9
1.2.2	Ausschluss der Trambahnen	9
1.2.3	Einführung Standardisierung	9
2	Grundlagen	11
2.1	Hoheitliche Regelungen	11
2.2	Normen	11
2.3	RTE-Regelungen	11
2.4	Richtlinien und Merkblätter	11
3	Abkürzungen und Begriffe	13
3.1	Abkürzungen	13
3.2	Abkürzungen der Meter-/Spezialspurbahnen und Strassenbahnen	13
3.3	Begriffe	14
3.3.1	Zusammenwirken Radsatz und Weiche	14
3.3.2	Schienen- und Radlenkerprofile	16
4	Grundsätze	17
4.1	Grundsätze für das sichere Befahren von Weichen	17
5	Hauptabmessungen bei Radsätzen und Weichen	18
5.1	Leitweite in der Weiche \geq Leitmass des Radsatzes ($l \geq L$)	18
5.2	Radrückenabstand $>$ Leitkantenabstand ($A_R > a_R$)	18
5.3	Radlenkerrille $>$ Spurkranzdicke ($r > S_d$)	18
5.4	Spurweite $>$ Spurmass ($s > S_m$)	18
5.5	q_R -Mass	18
5.6	Klaffmass	19
5.7	Radrückenabstand eines Radsatzes (Stichmass)	19
5.8	Optimierung der Spurkranzhöhe	19
5.9	Minimale Radreifen- bzw. Radkranzbreite	20
6	Standardisierte Typen	21
6.1	Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a	21
6.2	Paarung Radsatz/Weiche Typ B/b	22
6.3	Meterspur mit Tramradprofil/Rillenschienenweiche	23
6.4	Radprofile	23
6.4.1	Radprofil Typ A	24
6.4.2	Radprofil Typ B	24
6.4.3	Radprofil Typ C	24
6.5	Instandhaltung (Zusammenspiel Rad/Schiene)	24
6.5.1	Instandhaltung Radprofil	24
6.5.2	Instandhaltung Schienenprofil	24

7	Migration zum Standard	25
7.1	Bahnunternehmen ähnlich zur Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a	25
7.2	Bahnunternehmen ohne Standard.....	25
7.3	Bahnunternehmen ähnlich zur Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ B/b	26
7.4	Bahnunternehmen mit Rillenschienenweichen	26
7.5	Bahnunternehmen mit Radsatz Typ A und Typ B.....	26
7.6	Fallbeispiel für die Spurtechnische Untersuchung.....	27
8	Sonderausführungen	29
8.1	Radprofil für Mischbetrieb Strassenbahn/Vollbahn (AB).....	29
8.2	Radprofil für Mischbetrieb Trambahn/Vollbahn (LTB).....	33
8.3	Weiche für Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, B und C (MOB, TPF)	34
9	Verschleiss	35
9.1	Hohllauf von Rädern	35
9.2	Verschleissradprofil.....	36
9.3	Abweichung vom nominalen Radprofil.....	36
9.4	Abnutzung der Stockschiene	37
9.5	Ausbrüche an der Weichenzunge.....	37
10	Entgleisungssicherheit.....	38
10.1	Entgleisungssicherheit im Bereich des Zusammenwirkens von Rädern und Weichenzungen	38
10.2	Ausbildung des Weichenzungenanfangs im Neuzustand (Klaffmass).....	40
10.2.1	Klaffmass bei abgesenkter Weichenzunge.....	40
10.2.2	Klaffmass bei hochgezogener Weichenzunge.....	41
10.3	Einfluss des Spurkranzflankenwinkels auf die Entgleisungssicherheit	42
	Anhänge A1 – A4 (Allgemein).....	43
A1	Radsatz und Radprofil Typ A, Weiche Typ a	43
A1.1	Radsatz Typ A – Aussenliegende Achslagerung.....	43
A1.2	Radsatz Typ A – Innenliegende Achslagerung.....	44
A1.3	Radprofil Typ A	45
A1.4	Weiche Typ a	47
A2	Radsatz und Radprofil Typ B, Weiche Typ b.....	48
A2.1	Radsatz Typ B – Aussenliegende Achslagerung.....	48
A2.2	Radsatz Typ B – Innenliegende Achslagerung.....	49
A2.3	Radprofil Typ B	50
A2.4	Weiche Typ b.....	52
A3	Radsatz und Radprofil Typ C	53
A3.1	Radsatz Typ C – Aussenliegende Achslagerung.....	53
A3.2	Radsatz Typ C – Innenliegende Achslagerung.....	54
A3.3	Radprofil Typ C.....	55
A4	Weiche für Mischbetrieb.....	57

1 Allgemeines

Die schweizerischen Meterspurbahnen wiesen zum Teil sehr unterschiedliche Abmessungen bei den Radsätzen und Weichen auf.

Diese meistens aus der Entstehungszeit der Bahnen stammenden Unterschiede erschweren den Fahrzeug austausch zwischen verschiedenen Bahnunternehmen. Gleichzeitig ist der Einsatz von fremden Dienstfahrzeugen bei gewissen Unternehmen zum Teil gar nicht möglich.

Zur Standardisierung der Paarung Radsatz/Weiche und der Geometrie der Radprofile wurde die R RTE 29500 erstellt. In der 2. Ausgabe ist die Regelung überarbeitet und auf den neusten Wissensstand gebracht worden.

1.1 Ziele der Regelung

Die vorliegende RTE-Regelung unterstützt die Bahnen bei der Optimierung des Systems Radsatz/Weiche. Zeigt Standards und deren Verwendung auf und leistet einen wichtigen Beitrag für das sichere Befahren von Weichen.

Im Anhang der Regelung sind detaillierte Spezifikationen vorhanden:

- Radsatz/Radprofil Typ A und Weiche Typ a
- Radsatz/Radprofil Typ B und Weiche Typ b
- Radsatz/Radprofil Typ C
- Weiche für Mischbetrieb

Die Beschreibung der Instandhaltung der Radsätze sind in dieser Regelung ausgeschlossen und befinden sich in der R RTE 41500. Die Beschreibung der Instandhaltung der Weichen befindet sich in der R RTE 22566.

1.2 Anwendung

1.2.1 Gültigkeitsbereich

Die R RTE 29500 richtet sich nach den Bedürfnissen der Meterspurbahnen in der Schweiz. Die Optimierung des Radprofils (Verschleissradprofil) ist nicht Gegenstand dieser Regelung. Die Optimierung soll in Abhängigkeit der Fahrzeugtypen und des Einsatzgebietes bei der entsprechenden Anwendung erfolgen.

1.2.2 Ausschluss der Trambahnen

Die geometrischen Verhältnisse von Trambahnen (schienengebundene, städtischen Verkehrsbetriebe) mit kleineren Spurkranzabmessungen, die auf Rillenschienenweichen verkehren, unterscheiden sich wesentlich von den übrigen Meterspurbahnen. Daher werden diese in der vorliegenden Regelung nicht berücksichtigt.

1.2.3 Einführung Standardisierung

Der Nachweis der sicheren Befahrbarkeit von Weichen bei Bahnen mit Vignol- und Rillenschienen ist für Weichen mit Vignol-Schienenprofilen zu erbringen. Als «Stand der Technik» sollen die «Technische Regeln Spurführung (TR Sp)» des VDV angewendet werden.

Eine Standardisierung auf die Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a ist anzustreben. In Netzen, in welchen sowohl Vignol- als auch Rillenschienen befahren werden, ist eine Abweichung notwendig.

2 Grundlagen

2.1 Hoheitliche Regelungen

AB-EBV SR 742.141.11	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung	Stand 01.07.2024
RL FV-MSZ (RL BAV)	Richtlinie Nachweis sicheres Fahrverhalten Meter- spur-, Spezialspur- und Zahnradbahnen Aktenz.: BAV-511.5-00027/00004/00003/00004	Stand 01.01.2021

2.2 Normen

SN EN 13674-1	Bahnanwendungen – Oberbau – Schienen – Teil 1: Vignolschienen ab 46 kg/m	Ausgabe 2017
SN EN 13674-3	Bahnanwendungen – Oberbau – Schienen – Teil 3: Radlenkerschienen	Ausgabe 2010
SN EN 13674-4	Bahnanwendungen – Oberbau – Schienen – Teil 4: Vignolschienen mit einer längenbezogenen Masse zwischen 27 kg/m und unter 46 kg/m	Ausgabe 2019
SN EN 14811	Bahnanwendungen – Oberbau – Spezialschienen – Rillenschienen und zugehörige Konstruktionsprofile	Ausgabe 2019

2.3 RTE-Regelungen

D RTE 22556	Kontrollmasse der Weichen Meterspur	2. Ausgabe 18.08.2022
R RTE 22566	Einbau, Kontrollen und Unterhalt der Weichen	2. Ausgabe 18.08.2022
R RTE 22570	Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Gleisen Meter- spur	1. Ausgabe 31.07.2012
R RTE 41500	Instandhaltung Radsätze Meterspur	1. Ausgabe 15.07.2012

2.4 Richtlinien und Merkblätter

ORE B55/Rp8	Entgleisungssicherheit von Güterwagen in Gleisver- windungen	Ausgabe April 1983
ORE C70	Entgleisungssystem an der Weiche: Zungenspitze und Ausbrüche	Ausgabe Mai 1969
ORE C138/Rp9	Zulässige Höchstwerte der Y- und Q-Kräfte und Ent- gleisungskriterien	Ausgabe 2011

VDV	Technische Regeln Spurführung (TR Sp) Für die Spurführung von Schienenbahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Strassen- bahnen (BOStrab)	Stand Mai 2006
-----	---	-------------------

3 Abkürzungen und Begriffe

3.1 Abkürzungen

BAV	Bundesamt für Verkehr
CAD	computer-aided design (rechnerunterstütztes Konstruieren)
CNC	computerized numerical control (rechnergesteuerte Werkzeugmaschinen)
SOK	Schienenoberkante
UIC	Internationaler Eisenbahnverband (Union Internationale des Chemins de fer)
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen

3.2 Abkürzungen der Meter-/Spezialspurbahnen und Strassenbahnen

AB	Appenzeller Bahnen
ASm	Aare Seeland mobil
AVA	Aargau Verkehr AG (AVA)
BERNMOBIL	Städtische Verkehrsbetriebe Bern
BLM	Bergbahn Lauterbrunnen-Mürren
BLT	Baselland Transport
BOB	Berner Oberland-Bahnen
BVB	Basler Verkehrs-Betriebe
CJ	Chemins de fer du Jura
FART	Ferrovie Autolinee Regionali Ticinesi
FB	Forchbahn
FLP	Ferrovie Luganesi
FW	Frauenfeld-Wil Bahn
GGB	Gornergrat Bahn
JB	Jungfrau Bahn
LEB	Chemin de fer Lausanne-Echallens-Bercher
LTB	Limmattalbahn (betrieben durch AVA)
MBC	Transports de la région Morges-Bière-Cossonay
MGB	Matterhorn Gotthard Bahn
MIB	Meiringen-Innertkirchen Bahn
MOB	Chemin de fer Montreux-Oberland Bernois
MVR	Transports Montreux-Vevey-Riviera
NStCM	Chemin de fer Nyon-St-Cergue-Morez
RBS	Regionalverkehr Bern-Solothurn
RhB	Rhätische Bahn

SNCF	Société nationale des chemins de fer français (Betrieb Le Châtelard Frontière – St-Gervais-les-Bains-le-Fayet)
SSIF	Società Subalpina di Imprese Ferroviarie (Betrieb Ribellasca – Domodossola)
TMR	Transports de Martigny et regions
TPC	Transports Publics du Chablais
TPF	Transports publics fribourgeois
TPG	Transports publics genevois
TRAVYS	Transports Vallée de Joux-Yverdon-Sainte-Croix
transN	Transports Publics Neuchâtelois
VBG	Verkehrsbetriebe Glattal
VBZ	Verkehrsbetriebe Zürich
zb	Zentralbahn

3.3 Begriffe

3.3.1 Zusammenwirken Radsatz und Weiche

Die Abbildung 3-1 enthält alle Abmessungen und Angaben, die für das Zusammenwirken der Radsätze und Weichen von Bedeutung sind. In der Tabelle 3-2 sind dazu alle Formelzeichen und Definitionen in deutscher und französischer Sprache zusammengestellt. Für den leichteren Vergleich zwischen den verschiedenen Meterspurbahnen wurden die Formelzeichen in Anlehnung an die deutsche Sprache festgelegt. Sie entsprechen den Vereinbarungen in den UIC-Merkblättern und damit der international üblichen Terminologie.

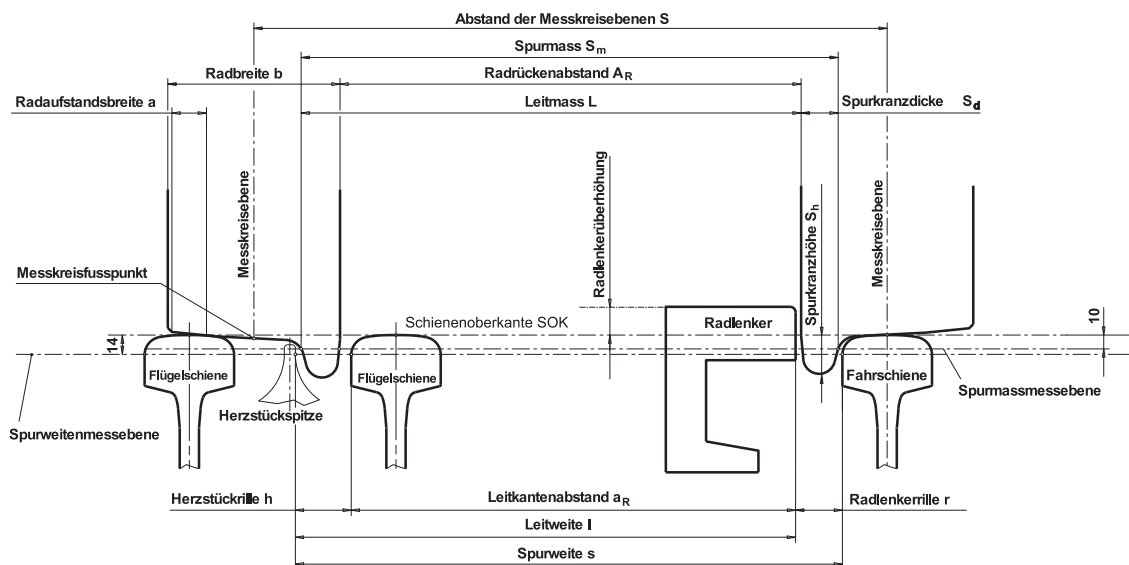


Abbildung 3-1: Schnitt eines Radsatzes in einer Weiche.

Abkürzung Abréviation		Deutsche Definition Définition allemande	Französische Definition Définition française
Weiche Branchement	s	Spurweite	Ecartement du branchement
	a _R	Leitkantenabstand (Stichweite)	Ecartement patte de lièvre – contre-rail
	l	Leitweite	Cote de guidage
	r	Radlenkerrille	Ornière du contre-rail
	h	Herzstückrille	Ornière du cœur
	q _ε	Klaffmass	Mesure du décollement
	–	Stockschiene (Backenschiene)	Contre-aiguille
	–	Fahrschiene	Rail
	–	Flügelschiene	Patte de lièvre
	–	Herzstückspitze	Pointe du cœur
	–	Weichenzunge	Lame d'aiguille
	u _z	Unterschlagung der Weichenzunge	Recouvrement par le rail de contre-aiguille
	z	Zungenabsenkung	Profondeur de la lame
Radsatz Essieu	S	Abstand der Messkreisebenen (Abstand der Laufkreisebenen)	Ecartement de cercles de roulement
	S _m	Spurmass	Ecartement de l'essieu
	A _R	Radrückenabstand (Stichmass)	Ecartement des faces internes des roues
	L	Leitmass	Cote de guidage
	b	Radreifen- bzw. Radkranzbreite	Largeur de la roue
	a	Radaufstandsbreite	Largeur d'appui de la roue
	S _h	Spurkranzhöhe	Hauteur du boudin
	S _d	Spurkranzdicke	Epaisseur du boudin
	q _R	q _R -Mass	Mesure du flanc du boudin
	γ	Spurkranzflankenwinkel	Angle du flanc de boudin
	μ	Reibwert Spurkranz/Schiene	Coefficient d'adhérence boudin/rail
	–	Messkreis (Laufkreis)	Cercle de roulement

Tabelle: 3-2 Definitionen und Formelzeichen für Radsätze und Weichen.

3.3.2 Schienen- und Radlenkerprofile

Aus praktischen Gründen werden teilweise die **bisherigen Schienen- und Radlenkerprofilbezeichnungen** verwendet.

Profilbezeichnung	Bezeichnung gemäss EN-Norm	EN-Norm
SBB I	46E1	SN EN 13674-1
U69, UIC33, RL 1-60	33C1	SN EN 13674-3
VST 36	36E3	SN EN 13674-4
Ri 60	60R1	SN EN 14811
RISBB	–	–

Tabelle 3-3: Schienen- und Radlenkerprofilbezeichnungen

4 Grundsätze

4.1 Grundsätze für das sichere Befahren von Weichen

Die vorliegende Regelung hält die geometrischen Abmessungen sowie deren zulässige Toleranzen bei den Radsätzen und Weichen fest. Diese sind für das sichere, komfortable und wirtschaftliche Befahren von Weichen zu berücksichtigen. Sie gelten unabhängig von der maximalen Fahrgeschwindigkeit und bilden damit notwendige Bedingungen für das einwandfreie Zusammenwirken von Fahrzeug und Fahrweg.

Beim Festlegen von maximal zulässigen Geschwindigkeiten über den Hauptstrang der Weichen, ist die Berührgeometrie Rad/Schiene zusätzlich zu berücksichtigen. Mit den geometrischen Abmessungen und der Berührgeometrie Rad/Schiene sind also die notwendigen und zugleich hinreichenden Bedingungen definiert, die eine Beurteilung der Befahrbarkeit von Weichen im Hinblick auf die Fahrsicherheit und der Laufgüte erlauben. Die in dieser Regelung für die in Weichen festgelegten Minimalwerte für die Spurweite und die Maximalwerte für das Spurmass sind so optimiert, dass sie das Zusammenwirken von Fahrzeug und Fahrweg auch in den übrigen Trassierungsbereichen (Bögen, gerade Strecken) günstig beeinflussen.

Die Empfehlungen zur Standardisierung der Paarung Radsatz/Weiche berücksichtigen die Aspekte des sicheren Befahrens von Weichen. Aus Sicht des Zusammenwirkens Fahrzeug/Fahrweg sind weitere Parameter zu beachten, die für die Fahrsicherheit von entscheidender Bedeutung sind.

5 Hauptabmessungen bei Radsätzen und Weichen

5.1 Leitweite in der Weiche \geq Leitmass des Radsatzes ($l \geq L$)

Das Einhalten dieses Kriteriums verhindert, dass der Spurkranz an der Herzstückspitze anschlägt. Durch die zunehmende Abnutzung des Spurkranzes wird diese Bedingung immer besser, mit der zunehmenden Abnutzung des Radlenkers hingegen immer schlechter eingehalten. Fahrzeuge, welche im Betriebseinsatz die Tendenz zu Spurkranzverdickung aufweisen, sind diesbezüglich besonders sorgfältig zu überwachen.

5.2 Radrückenabstand $>$ Leitkantenabstand ($A_R > a_R$)

Dieses Kriterium bestimmt, ob der Radsatz in der Weiche «klemmt». Ein zu kleines Spiel bedeutet, dass der Radsatz fast immer durch den Radlenker oder die Flügelschiene geführt wird. Ein Spiel von 9 bis 12 mm ist optimal.

5.3 Radlenkerrille $>$ Spurkranzdicke ($r > S_d$)

Dieses Kriterium bestimmt, ob der Radsatz auf natürliche Weise durch die Weiche läuft und ob ein «Klemmen» des Rades zwischen Radlenker und Fahrschiene auftritt. Es wird ein Spiel von ca. 10 mm empfohlen.

5.4 Spurweite $>$ Spurmass ($s > S_m$)

Das Radsatzspurmass muss so auf die Spurweite abgestimmt sein, dass kein «Zwängen» an der Fahrkante auftritt. Beim Überprüfen dieses Kriteriums ist zu berücksichtigen, dass sich die Radsatzwellen bei Belastung durchbiegen (unterschiedlich bei Innen- bzw. Aussenlagerung). Das verfügbare Spurspiel (Spurweite minus Spurmass) sollte in Anlehnung an die Normalspur mindestens 4 mm betragen.

Die Grösse des Spurspiels gewinnt vor allem dann an Bedeutung, wenn mit höheren Geschwindigkeiten gefahren wird. Dazu ist ein grösseres Spurspiel günstiger.

5.5 q_R -Mass

Das q_R -Mass gibt Informationen zu den geometrischen Veränderungen am Spurkranz, die sich durch den Verschleiss in Bezug auf die Entgleisungssicherheit ungünstig auswirken. Wie das Kapitel 10.1 zeigt, sind der Form des Spurkranzes einerseits aus Sicht der Entgleisungssicherheit im Bereich des Zusammenwirkens der Räder und Weichenzungen und andererseits aus Sicht der Entgleisungssicherheit auf der freien Strecke Grenzen gesetzt. Entscheidend ist in beiden Fällen der Winkel des Spurkranzes. Da sich dieser nicht direkt und einfach messen lässt, wurde für seine Beurteilung das q_R -Mass eingeführt. Der Spurkranzflankenwinkel und das q_R -Mass stehen in folgendem Zusammenhang:

- Ein zu grosser Spurkranzflankenwinkel wird durch ein zu kleines q_R -Mass erkannt.
- Ein zu kleiner Spurkranzflankenwinkel wird unter gewissen Voraussetzungen durch ein zu grosses q_R -Mass erkannt. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen ist ein vergrössertes q_R -Mass in der Regel nicht auf einen kleineren Spurkranzwinkel, sondern auf eine Verdickung der Spurkränze zurückzuführen.

Im Bereich der Weichenzunge gilt das Entgleisungsmodell gemäss Kapitel 10.1. Am Radsatz darf im Bereich der Weichenzungen kein zu grosser Spurkranzflankenwinkel auftreten, da sonst das Rad bei grösserem Anlaufwinkel an der Weichenzungenspitze aufsteigt und in der Folge eine Entgleisung eingeleitet werden kann. Da sich die Weichenzungen im Bereich von Krümmungen befinden, entstehen zusätzlich hohe Einzelradkräfte waagrecht/quer, was am bogenäusseren Rad ein hohes Y/Q zur Folge hat.

In Analogie zur Normalspur und dem dieser zugrunde liegenden System ORE C 70 wurde für die Meterspurbahnen ein q_{Rmin} gemäss Abschnitt 10.1 definiert.

5.6 Klaffmass

Die Lage der Weichenzungenspitze wird durch das Klaffmass q_ϵ , dem Funktionsmass q_{wz} und der Weichenzungenabsenkung z beschrieben. Als Klaffen der Weichenzunge bezeichnet man den rechtwinkligen Abstand zwischen der Stockschiene und der Weichenzunge. Das Klaffmass q_ϵ und das Funktionsmass q_{wz} wird in Richtung der Spurweitenmessebene gemessen.

Die Zungenschiene muss eine auf das Radprofil und dessen Mindestmass q_R (siehe Abschnitt 5.5) abgestimmte Ausbildung (Form/Verhobelung) aufweisen. Im Betrieb darf ein bestimmtes Klaffmass q_ϵ (Abliegen der Zungenspitze von der Stockschiene) nicht überschritten werden. In Abschnitt 10.2 ist das Höchstmass q_ϵ sowie die Ausbildung der Zunge definiert.

Schliesst ein Hauptgleis mit einem Kurvenradius von < 150 m direkt an eine Weiche mit gleichgerichteter Ablenkung an (Grundform oder Bogenweiche), so gelten bezüglich der Masse am Zungenanfang (q_{wz}) strengere Bedingungen. Dadurch ergibt sich für diese Weichen ein kleineres zulässiges Klaffmass q_ϵ (siehe Abschnitt 10.2).

5.7 Radrückenabstand eines Radsatzes (Stichmass)

Bei der Beurteilung des im Betriebseinsatz auftretenden Abstands der inneren Radstirnseiten eines Radsatzes (Radrückenabstand A_R) ist zu berücksichtigen, dass sich die Radsatzwelle bei Belastung durchbiegt. Dabei ist zwischen innen- und aussenliegender Radsatzlagerung zu unterscheiden. Bei Fahrzeugen mit grossen Unterschieden zwischen Brutto- und Taralast sind die Beladezustände zu beachten. Die Erfahrung hat gezeigt, dass ca. 1 mm als guter Richtwert für die Berücksichtigung der oben aufgeführten Einflussgrössen auf den Radrückenabstand A_R gilt.

Besondere Sorgfalt erfordern Radscheibenformen, die bei hohen thermischen Beanspruchungen der Radscheiben durch die Klotzbremse verformungsempfindlich sind. Hier empfiehlt sich eine Überprüfung, wenn Anzeichen von hohen thermischen Beanspruchungen vorliegen.

Für gummigefederte Räder liegen derzeit keine Erfahrungen zu bleibenden Veränderungen des Radrückenabstands A_R im Betriebseinsatz vor. U.a. auch, weil dies von der jeweiligen Bauart abhängig ist. Sie sind diesbezüglich gesondert zu überwachen.

5.8 Optimierung der Spurkranzhöhe

Bei den Normalspurbahnen werden in Abhängigkeit von den Raddurchmessern unterschiedliche Spurkranzhöhen S_h eingesetzt. Als Optimierungskriterium gilt der Nachweis der Befahrbarkeit von doppelten Herzstücken in Kreuzungsweichen und Gleisdurchschneidungen. Dabei müssen die minimalen Spurkranzhöhen S_h und Raddurchmesser

so aufeinander abgestimmt sein, dass beim Befahren der Herzstücke eine ausreichende Radprofilüberdeckung gewährleistet ist. Im Rahmen der Entwicklung dieser Regelung wurden keine Untersuchungen zu diesem Problemkreis durchgeführt, da mit den derzeit angewendeten Abmessungen keine Probleme bekannt geworden sind.

Die Befahrbarkeit von Doppelherzstücken ist zu überprüfen, wenn eines der folgenden Kriterien erfüllt ist:

- Diese in gekrümmten Trassierungsbereichen liegen.
- Der Raddurchmesser $< 700 \text{ mm}$ beträgt.
- Der Durchschneidungswinkel $< 1:7$ ist.
- Die Radlenkerüberhöhung $< 20 \text{ mm}$ misst.
- Wenn neue Laufwerksbauarten eingesetzt werden.

In diesen Fällen ist die sichere Befahrbarkeit nachzuweisen. Da für diesen Nachweis noch keine anerkannten Regeln der Technik existieren, muss dieser auf Grund der Erfahrungen beim Bahnunternehmen und in dessen Verantwortung erbracht werden.

Optimierungen können durch Vergrößerung der minimalen Spurkranzhöhe S_h und/oder Vergrößerung der Radlenkerüberhöhung auf maximal 45 mm erreicht werden. (Achtung: Raumbedarf für allfällige Magnetschienenbremsen beachten!)

Bei Bahnen mit Rillenschienen kann es notwendig sein, die maximale Spurkranzhöhe zu begrenzen. In solchen Fällen ist die Befahrbarkeit von doppelten Herzstücken gesondert zu prüfen.

5.9 Minimale Radreifen- bzw. Radkranzbreite

Die Radreifen- bzw. Radkranzbreite b muss so festgelegt sein, dass beim Befahren der Weichen im Bereich der Flügelschienen eine minimale Restaufstandsweite des Rades sichergestellt ist. Die Restaufstandsweite des Rades sollte nach Abzug aller Toleranzen in Funktion der Radsatzlast folgende Richtwerte nicht unterschreiten:

- 14.5 mm bei einer Radsatzlast von 160 kN.
- 9 mm bei einer Radsatzlast von 100 kN.
- Die Restaufstandsweite bei anderen Radsatzlasten kann linear abgeleitet werden.
- Es wird empfohlen eine Restaufstandsweite von 6 mm nicht zu unterschreiten.

6 Standardisierte Typen

Bei Fahrzeugen mit Einsatz auf Vignol- und Rillenschienen, erlaubt es die Vielfalt der vorgefundenen geometrischen Verhältnisse nicht, den Übergang zu einer einzigen Paarung Radsatz/Weiche zu vollziehen. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen empfiehlt die Projektgruppe eine der folgenden Paarungen anzuwenden:

6.1 Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a

Dieser Standard kann von den Bahnunternehmen in mehreren folgerichtigen Schritten gemäss Abschnitt 7.1 langfristig realisiert werden. Die Details zu diesem Standard sind in Anhang A1 zu finden.

Meterspurbahnen	
AB	Gossau – Appenzell – Wasserauen Altstätten – Gais Appenzell – Gais – St. Gallen (Vollbahnbetrieb; Fahrzeuge mit Mischradprofil «DML-h28-Typ A») St. Gallen – Trogen (Strassenbahnbetrieb; Fahrzeuge mit Mischradprofil «DML-h28-Typ A»)
ASm	ganzes Meterspurnetz
BOB	ganzes Meterspurnetz
CJ	ganzes Meterspurnetz
GGB	ganzes Meterspurnetz
JB	ganzes Meterspurnetz
MBC	ganzes Meterspurnetz
MGB	ganzes Meterspurnetz
MIB	ganzes Meterspurnetz
MOB	ganzes Meterspurnetz (an Stelle von Weichen Typ a sind solche für Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, Typ B und Typ C gemäss Abschnitt 8.3 verbaut)
MVR	ganzes Meterspurnetz
RhB	ganzes Meterspurnetz
SNCF	Le Châtelard Frontière – St-Gervais-les-Bains-le-Fayet (Fahrzeuge interoperabel mit TMR)
TMR	ganzes Meterspurnetz (Fahrzeuge interoperabel mit SNCF)
TPC	ganzes Meterspurnetz
TPF	ganzes Meterspurnetz (an Stelle von Weichen Typ a sind solche für Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, Typ B und Typ C gemäss Abschnitt 8.3 verbaut)
TRAVYS	ganzes Meterspurnetz
TRN	ganzes Meterspurnetz
ZB	ganzes Meterspurnetz

Tabelle 6-1: Vorgesehener Zielzustand der Meterspurbahnen mit Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a.

6.2 Paarung Radsatz/Weiche Typ B/b

Diese Lösung kann von den Bahnunternehmen in mehreren folgerichtigen Schritten gemäss Abschnitt 7.2 mittelfristig realisiert werden. Die Details zu diesem Standard sind in Anhang A2 zu finden.

Bahnunternehmungen im Mischbetrieb von Vignol- und Rillenschienen verwenden die Paarung Radsatz/Weiche Typ B/b als Endzustand, da sonst die geometrischen Verhältnisse bei der Rillenschiene sprich Rillenbreite für den Veloverkehr sehr ungünstig werden. Idealerweise werden in diesem Bereich Rillenschienen Ri 60 mit Rillenbreite 36 mm verwendet.

Meterspurbahnen	
AVA	Schöftland – Aarau – Menziken Wohlen – Bremgarten – Stoffelbach Stoffelbach – Dietikon (Radlenkerüberhöhung 20 mm wegen LTB)
BLM	ganzes Meterspurnetz
FART	ganzes Meterspurnetz (Fahrzeuge interoperabel mit SSIF)
FLP	ganzes Meterspurnetz
FW	ganzes Meterspurnetz
LEB	ganzes Meterspurnetz
MOB	ganzes Meterspurnetz (an Stelle von Weichen Typ b sind solche für Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, Typ B und Typ C gemäss Abschnitt 8.3 verbaut)
NStCM	ganzes Meterspurnetz
RBS	Bern – Worblaufen – Solothurn Worblaufen – Worb Dorf Worblaufen – Unterzollikofen
SSIF	ganzes Meterspurnetz (Fahrzeuge interoperabel mit FART)
TPF	ganzes Meterspurnetz (an Stelle von Weichen Typ b sind solche für Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, Typ B und Typ C gemäss Abschnitt 8.3 verbaut)

Tabelle 6-2: Vorgesehener Zielzustand der Meterspurbahnen mit Paarung Radsatz/Weiche Typ B/b.

6.3 Meterspur mit Tramradprofil/Rillenschienenweiche

Meterspur-Trambahnen (Einsatz auf Vignol- und Rillenschienenweichen)	
AVA	Altstätten – Dietikon – Killwangen (LTB; Trambetrieb; Fahrzeuge mit Mischradprofil «LTB-h23-Typ B») Dietikon (gemeinsame Infrastruktur mit Linie Bremgarten – Dietikon; Vollbahnbetrieb)
BERNMOBIL	ganzes Meterspurnetz (keine Migration)
BLT	Meterspur-Stammnetz Waldenburgerbahn (keine Angaben vorhanden)
BVB	ganzes Meterspurnetz (keine Migration)
FB	Rehalp – Esslingen (keine Migration)
RBS	Egghölzli – Worb Dorf (keine Migration)
TPG	ganzes Meterspurnetz (keine Migration)
VBG	ganzes Meterspurnetz (keine Migration)
VBZ	ganzes Meterspurnetz (keine Migration)

Tabelle 6-3: Unbestimmter Zielzustand der Meterspurbahnen mit Paarung Radsatz/Weiche Typ offen/offen.

6.4 Radprofile

Die Anhänge A1, A2 und A3 enthalten die zulässigen Abmessungen der verschiedenen Radsätze und Radprofile, die sich aus der Untersuchung ergeben haben. Die Radprofile werden mit CAD-Zeichnungen dargestellt. Die zusammengestellten Radprofilkoordinaten dienen der Erstellung von Schablonen für Kopierdrehmaschinen oder zur Programmierung von CNC-Drehmaschinen.

Ein beachtlicher Teil der Spurkränze wird im Betrieb nicht dünner, sondern im Gegenteil dicker, weil sich insbesondere bei effizienter Spurkranzschmierung die Laufflächen der Räder stärker abnützen als die inneren Spurkranzflanken. Die Bahnunternehmen müssen ihre Fahrzeuge diesbezüglich überwachen und entsprechende Fahrzeugtypen beim Reprofilieren mit dünneren Spurkränzen versehen. Dabei ist zu beachten, dass die Kontur der Spurkranzkuppe durch diese Korrektur nicht ungünstig verändert wird. Durch das reduzierte Nennmass der Spurkranzdicke wird verhindert, dass die Spurkränze nach kurzer Betriebsdauer zu dick werden und somit auch das Leitmass zu gross wird. Die Entwicklung entsprechend behandelten Spurkränzen ist über mehrere Reprofilierungsperioden laufend zu überwachen.

Um die Laufleistung der Räder in Abhängigkeit von Netz- und Fahrzeugeigenschaften, zu erhöhen, kann das jeweilige Radprofil optimiert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die System-, und Grenzmasse eingehalten werden.

6.4.1 Radprofil Typ A

Das Radprofil Typ A für Meterspur entspricht dem Radprofil W98 (gemäss Zeichnung 26.000.72.0034 der MGB) aus dem Jahr 2003.

6.4.2 Radprofil Typ B

Das Radprofil Typ B, für Bahnen mit Rillenschienen, basiert auf dem Radprofil der ASm von 1999.

6.4.3 Radprofil Typ C

Das Radprofil Typ C ist ein Kompromiss zwischen dem Radprofil Typ A und Typ B. Um seine uneingeschränkte Verwendung zu gewährleisten, musste der Radrückenabstand von Typ B und das Leitmass von Typ A übernommen werden. Die dadurch bedingte kleinere Spurkranzdicke führte zu einer Anpassung der Spurkranzkuppe. Dies hat ein kleineres q_R -Mass und eine geringere mögliche Spurkranzabnutzung zur Folge. Dieser Kompromiss ist für den vorgesehenen Einsatz tolerierbar.

Dienstfahrzeuge, die bei möglichst vielen Meterspurbahnen verkehren müssen, können mit Radsätzen von Typ C gemäss Anhang A3 ausgerüstet werden.

Achtung:

Mit dem Radprofil Typ C, das gegenüber den oben dargestellten Radprofilen über stark einschränkende Masse verfügt, können alle aus der Umfrage hervorgegangenen Weichen befahren werden. Infolge der daraus resultierenden Einschränkungen ist der Radsatz Typ C jedoch keine wirtschaftlich vertretbare Alternative im regulären Fahrzeugeinsatz eines Bahnunternehmens.

Jede Meterspurbahn ist verpflichtet, die auf ihrem Netz vorkommenden Bedingungen zu prüfen, bevor sie ein Fahrzeug mit dem Radsatz Typ C auf ihren Strecken zulässt.

6.5 Instandhaltung (Zusammenspiel Rad/Schiene)

Für das optimale Zusammenspiel von Rad und Schiene ist dafür zu sorgen, dass es zwischen Rad und Schiene nur einen Berührungspunkt gibt. Um das zu erreichen, sind Rad und Schiene so zu pflegen, dass die Abweichungen vom Soll-Zustand der Schienen- und der Radprofilform möglichst gering sind (Überdrehen der Räder, Schleifen oder Fräsen der Schiene).

Für einen geringen Verschleiss von Rad und Schiene ist eine gut abgestimmte Werkstoffpaarung Rad/Schiene von wesentlicher Bedeutung.

6.5.1 Instandhaltung Radprofil

In der R RTE 41500 ist die Instandhaltung von Radsatz und Radprofil Meterspur geregelt.

6.5.2 Instandhaltung Schienenprofil

In der R RTE 22570 ist die Instandhaltung von Gleisen Meterspur geregelt.

7 Migration zum Standard

In den Abschnitten 7.1 bis 7.5 sind die zur Erlangung des Endzustands nötigen Schritte für die verschiedenen Ausgangslagen zusammengestellt. Die Radsätze Typ A und Typ B sowie die Weichen Typ a, Typ b und Mischbetrieb sind in den Anhängen A1, A2 und A4 definiert.

Langfristig sollten alle Meterspurbahnen anstreben, den für sie idealen Standard bei Radsätzen und Weichen umzusetzen. Die dabei anzuwendenden Schritte sind in den Ausführungen von Kapitel 7.1 bis 7.5 vorgeschlagen. Diese können anlässlich von nötigem Ersatz und planmässigem Unterhalt praktisch kostenneutral durchgeführt werden.

Für Fahrzeuge von Dritten (Baufahrzeuge, etc.), welche auf verschiedenen Meterspurnetzen eingesetzt werden, ist der Radsatz Typ C anzuwenden. Dieser Radsatz kann unter besonderer Berücksichtigung einschränkender geometrischer Abmessungen (Anhang A3) auf allen Weichen sicher verkehren. Es sind alle Masse am Radsatz nach Anhang A3 zu prüfen. Insbesondere ist das Leitmass zu kontrollieren.

Bei bestehenden Radsätzen deren Radprofil nicht dem Typ A, Typ B oder Typ C entsprechen ist deren Anwendbarkeit zu prüfen. Die Radprofilform und der Radsatz als gesamtes müssen auf Eignung zum Schienenprofil und der Einhaltung der Toleranzen zu den jeweiligen Weichen hin überprüft werden.

Bei jeder Umstellung muss jeder Schritt vollständig abgeschlossen sein, bevor zum nächsten Schritt übergegangen werden kann.

7.1 Bahnunternehmen ähnlich zur Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a

Die Meterspurbahnen gemäss Abschnitt 6.1 können mit den vorhandenen Radsätzen und Weichen zur Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a bei Fahrzeugen und Oberbau übergehen.

7.2 Bahnunternehmen ohne Standard

Die Meterspurbahnen gemäss Abschnitt 6.2 können die Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a bei Fahrzeugen und Oberbau nur unter Beachtung von folgerichtigen Umbauschritten erreichen:

1. Spurtechnische Untersuchung aller Weichen (Leitkantenabstand a_R , Leitweite l).
2. Leitkantenabstand und Leitweite aller Weichen müssen auf Radsatz Typ A abgestimmt werden (Weiche nacharbeiten / Weiche ersetzen).
3. Ersatz der Radsätze, die nicht dem Typ A oder dem Typ C entsprechen.
4. Ein möglicher Umbau auf Weichen Typ a darf erst erfolgen, wenn ausschliesslich Radsätze Typ A oder C im Einsatz sind.

7.3 Bahnunternehmen ähnlich zur Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ B/b

Die Meterspurbahnen gemäss Abschnitt 6.3 können die Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a bei Fahrzeugen und Oberbau nur unter Beachtung von folgerichtigen Umbauschritten erreichen:

1. Spurtechnische Untersuchung aller Weichen (Leitkantenabstand a_R , Leitweite l).
2. Ersatz der Weichen durch solche von Typ b.
3. Leitkantenabstand und Leitweite aller Weichen müssen auf Radsatz Typ A abgestimmt werden (Weiche nacharbeiten / Weiche ersetzen).
4. Ersatz der Radsätze, die nicht dem Typ A oder dem Typ C entsprechen. Ein möglicher Umbau auf Weichen Typ a darf erst erfolgen, wenn ausschliesslich Radsätze Typ A oder Typ C im Einsatz sind.

7.4 Bahnunternehmen mit Rillenschienenweichen

Die Meterspurbahnen mit Rillenschienenweichen können sich den Trambahnen anschliessen oder die Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ B/b unter Beachtung von folgerichtigen Umbauschritten erreichen:

1. Spurtechnische Untersuchung aller Weichen (Leitkantenabstand a_R , Leitweite l).
2. Ersatz der Radsätze, deren Radreifen- bzw. Radkranzbreite kleiner als 110 mm aufweisen, durch solche vom Typ B.
3. Ersatz der Weichen durch solche vom Typ b oder entsprechende Anpassungen an den bestehenden Weichen.

7.5 Bahnunternehmen mit Radsatz Typ A und Typ B

Die Meterspurbahnen können die Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a bei Fahrzeugen und Oberbau nur unter Beachtung von folgerichtigen Umbauschritten erreichen:

1. Spurtechnische Untersuchung aller Weichen (Leitkantenabstand a_R , Leitweite l).
2. Ersatz der Weichen durch solche für Mischbetrieb oder entsprechende Anpassungen an den bestehenden Weichen.
3. Ersatz der Radsätze, die nicht dem Typ A oder dem Typ C entsprechen (ausser historische Züge ähnlich Radsatz Typ B).
4. Ein möglicher Umbau auf Weichen Typ a darf erst erfolgen, wenn ausschliesslich Radsätze Typ A oder Typ C im Einsatz sind.

7.6 Fallbeispiel für die Spurtechnische Untersuchung

Bei der Migration von Radprofilen oder bei der Überprüfung von Radprofilen/Radsätzen (z.B. Drittfahrzeugen) ist das Zusammenspiel mit den Weichen zu überprüfen. Im folgenden Beispiel ist das Vorgehen exemplarisch beschrieben:

Eine Meterspurbahn besitzt Fahrzeuge mit Radsätzen, welche einen Radrückenabstand A_R von 942 mm aufweisen. Solche Radsätze können im Normalfall beim Ersatz der Räder bzw. der Radreifen auf den Radrückenabstand von 935 mm für die Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a umgebaut werden. Bei gewissen Radsätzen, besonders bei Triebfahrzeugen, kann dieser aus Platzgründen nicht auf dieses Standardmass geändert werden. Das Bahnunternehmen möchte aber trotzdem nur noch standardisierte Weichen vom Typ a einbauen.

Lösung:

Für alle in Betrieb stehenden Radsätze müssen folgende Bedingungen erfüllt werden:

Leitweite $l \geq$ Leitmass L

Radrückenabstand $A_R >$ Leitkantenabstand a_R

Radlenkerrille $r >$ Spurkranzdicke S_d

Um Entgleisungen auf den Herzstücken zu verhindern, muss für die Radlenkerrille ein Kompromiss gefunden werden: Sie wird durch Einlegen von Beilagen um 5 mm verkleinert.

Überprüfen ob alle Bedingungen unter der Berücksichtigung aller Toleranzen eingehalten werden:

Kriterien	Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a ^{a)}	Bestehende Radsätze Angepasste Weiche	
Radrückenabstand A_R	935	942	944
Spurkranzdicke S_d	27	26	25
Leitmass $L = A_R + S_d$	962	968	969
Leitweite l , Bedingung $l > L$	965	970	970
Spurweite s	1'003	1'003	1'003
Radlenkerrille $r = s - l$	38	33	33
Herzstückrille h	41	41	41
Leitkantenabstand $a_R = l - h$	924	929	929
$A_R > a_R$	$935 > 924$	$942 > 929$	$944 > 929$
$r > S_d$	$33 > 27$	$33 > 27$	$33 > 25$

Tabelle 7-1: Masse zur Überprüfung der Bedingungen und Toleranzen zum Fallbeispiel für die Spurtechnische Untersuchung (Masse in mm).

a) Toleranzen zu den Massen siehe Anhang A1.

Die Tabelle zeigt, dass alle Bedingungen dank der Verkleinerung der Radlenkerrille erfüllt sind. Diese Massnahme hat jedoch ein vermehrtes Anlaufen am Radlenker zur Folge.

Um eine spätere Verbesserung zu ermöglichen, müssen die Radlenker so konstruiert werden, dass das Spiel durch das Einlegen oder Entfernen von Beilagen zwischen dem Radlenker und den Radlenkerstützen verändert werden kann.

Es wäre auch möglich, die Spurkranzdicke der Fahrzeuge mit $A_R = 944$ mm zu reduzieren, um das Leitmass $L = 962$ mm zu erreichen und so die Tendenz des Anlaufens am Radlenker zu verhindern.

8 Sonderausführungen

Die Sonderausführungen müssen spurtechnisch vor einer Einführung untersucht und freigegeben und vom BAV zugelassen werden. In diesem Kapitel sind Beispiele von Sonderanwendungen aufgeführt.

8.1 Radprofil für Mischbetrieb Strassenbahn/Vollbahn (AB)

Im Rahmen des Projekts Durchmesserlinie (DML) der AB sollte das neue und bestehende Rollmaterial sowohl auf der Strecke St. Gallen – Trogen (TB; Strassenbahnbetrieb) als auch auf der Strecke St. Gallen – Gais – Appenzell (SGA; Vollbahnbetrieb) verkehren.

Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an die Spurführung wird auf Seite Rollmaterial das Mischradprofil «DML-h28-Typ A» (Mischung Strassenbahnradprofil/Vollbahnradprofil) in Anlehnung an das Karlsruher Modell (vergleiche Mischbetrieb in «Technische Regeln Spurführung (TR Sp)» des VDV) eingesetzt. Ansonsten müssten auf der Strecke SGA sämtliche Weichen ersetzt werden.

Damit dieses Radprofil zuverlässig funktioniert, müssen die Weichen auf der Strecke SGA mit Weichen Typ a mittels überhöhten Radlenkern ausgerüstet sein. Die Radlenkerüberhöhung beträgt 30 mm. Dabei ist lediglich eine Anhebung der Radlenker an den Weichen von bisher 0 bzw. 20 mm auf neu 30 mm notwendig.

Die Umsetzung auf das Mischradprofil «DML-h28-Typ A» erfolgte nach folgendem Ablauf:

1. Weichen und Rillenschienenabschnitte St. Gallen – Trogen
 - Überhöhte Radlenker auf SOK setzen.
 - Auswechseln der Herzstücke von Auflauf- auf Tiefrille.
 - Kontrolle der Rillenschienen, ob genügend Rillentiefe für 28 mm Spurkranzhöhe.
2. DML-Fahrzeuge mit Mischradprofil «DML-h28-Typ A» ausrüsten, Spurkranzhöhe 28 mm, Radreifen- bzw. Radkranzbreite mindestens 120 mm.
3. Weichen St. Gallen – Appenzell
 - Radlenker auf 30 mm Höhe über SOK setzen.
4. Künftige Neubeschaffung von Weichen Typ a auf der DML-Strecke.

Nach Abschluss von Schritt 3 war die Aufnahme des Durchmesserbetriebs möglich.

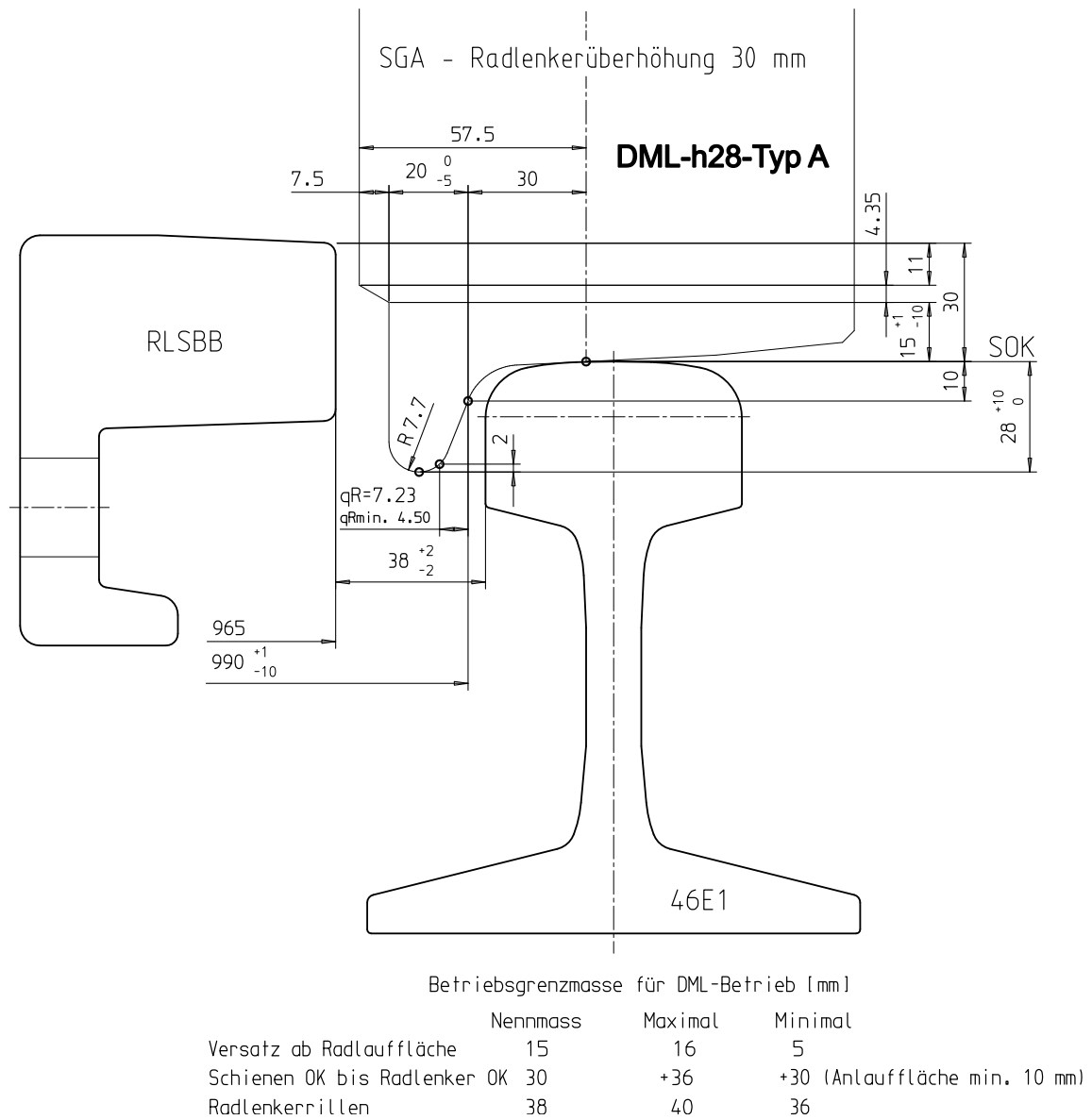
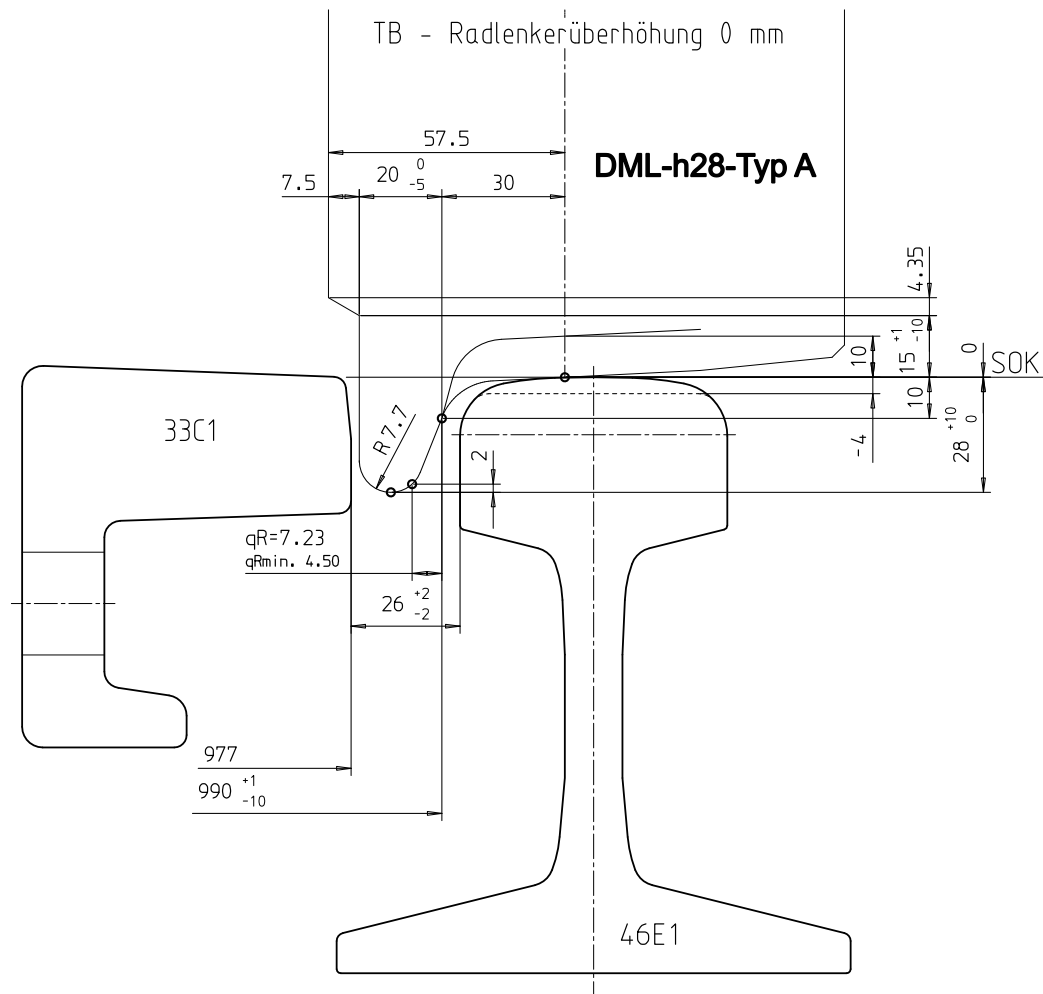


Abbildung 8-1: Zusammenspiel zwischen Mischradprofil «DML-h28-Typ A» (LaVaporiera) und überhöhtem Radlenker im Vollbahnbetrieb.



Betriebsgrenzmasse für DML-Betrieb [mm]

	Nennmass	Maximal	Minimal
Versatz ab Radlauffläche	15	16	5 (Abnutzung Radlauffläche 10 mm)
Radlenker OK bis Schienen OK	0	0	-4 (Abnutzung Schiene 4 mm)
Radlenkerrillen	26	28	24

Abbildung 8-2: Zusammenspiel zwischen Mischradprofil «DML-h28-Typ A» (LaVaporiera) und Radlenker auf SOK im Strassenbahnbetrieb.

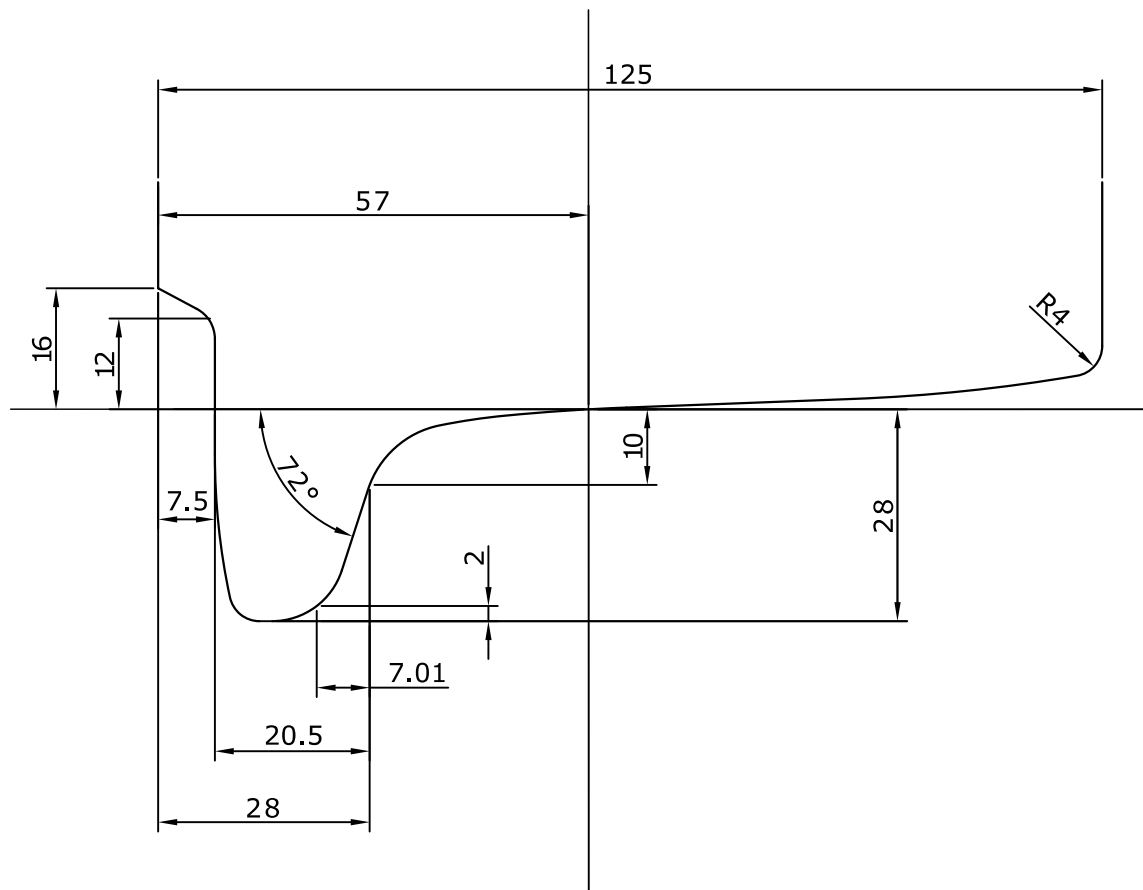


Abbildung 8-3: Kontur des Mischradprofils «DML-h28-Typ A» (Karlsruher Modell) (LaVaporiera). Dieses ermöglicht das Befahren von Rillenschienen Ri 60 (Rille 36 mm) und Weichen Typ a.

8.2 Radprofil für Mischbetrieb Trambahn/Vollbahn (LTB)

Das Mischradprofil «LTB-h23-Typ B» (Mischung Trambahnradprofil/Vollbahnradprofil) in Anlehnung an das Karlsruher Modell kommt auf der Limmattalbahn (LTB) zum Einsatz, damit sowohl die gemeinsame Infrastruktur in Dietikon (Linie Bremgarten – Dietikon; Vollbahnbetrieb) als auch die gemeinsame Infrastruktur mit der VBZ und die übrige LTB-Infrastruktur (Trambahnbetrieb) befahren werden kann.

Damit dieses Radprofil zuverlässig funktioniert, müssen die Weichen auf dem Streckenabschnitt mit Weichen Typ b (gemeinsame Infrastruktur in Dietikon der Linie Bremgarten – Dietikon) mittels überhöhten Radlenkern ausgerüstet sein. Die Radlenkerüberhöhung beträgt 20 mm. Die Zungenabsenkung darf in allen Weichen maximal 14 mm betragen. Idealerweise sind die Weichenzungen unterschlagend ausgeführt.

Die Weichen auf der übrigen LTB-Infrastruktur (Trambahnbetrieb) sind nach der Quermastabelle der VBZ mit verlängerter Auflauframpe bei den Flachrillenanlagen gefertigt, da der Spurkranz nominal 22 mm beträgt was 2 mm höher ist, als die VBZ nominal fährt.

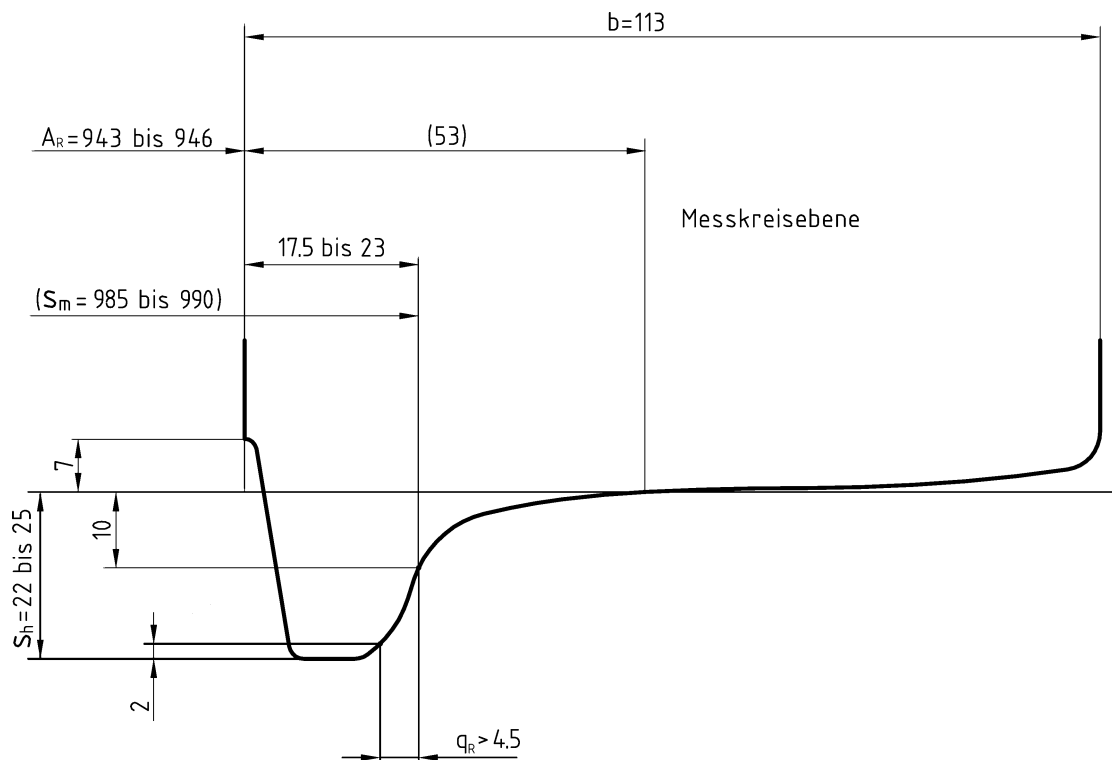


Abbildung 8-4: Mischradprofil «LTB-h23-Typ B» (Karlsruher Modell) ermöglicht, dass befahren von Rillenschienen Ri 60 (Rille 36 mm) und Weichen Typ b.

8.3 Weiche für Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, B und C (MOB, TPF)

Diese Weiche wurde für die Bahnen MOB und TPF entwickelt. Mit dem Einsatz dieser Weiche können auf der Strecke alle Radsätze Typ A, Typ B und Typ C verkehren. Die Züge der neuen Fahrzeuggeneration werden alle mit Radsatz Typ A ausgerüstet. Die bestehenden historischen Fahrzeuge, welche noch häufig auf der Strecke verkehren sind mit dem Radsatz ähnlich Typ B ausgerüstet.

Diese für den Mischbetrieb entwickelte Weiche hat ein reduziertes Spiel A_R/a_R wodurch sowohl Radsätze Typ A als auch Radsätze Typ B verkehren können.

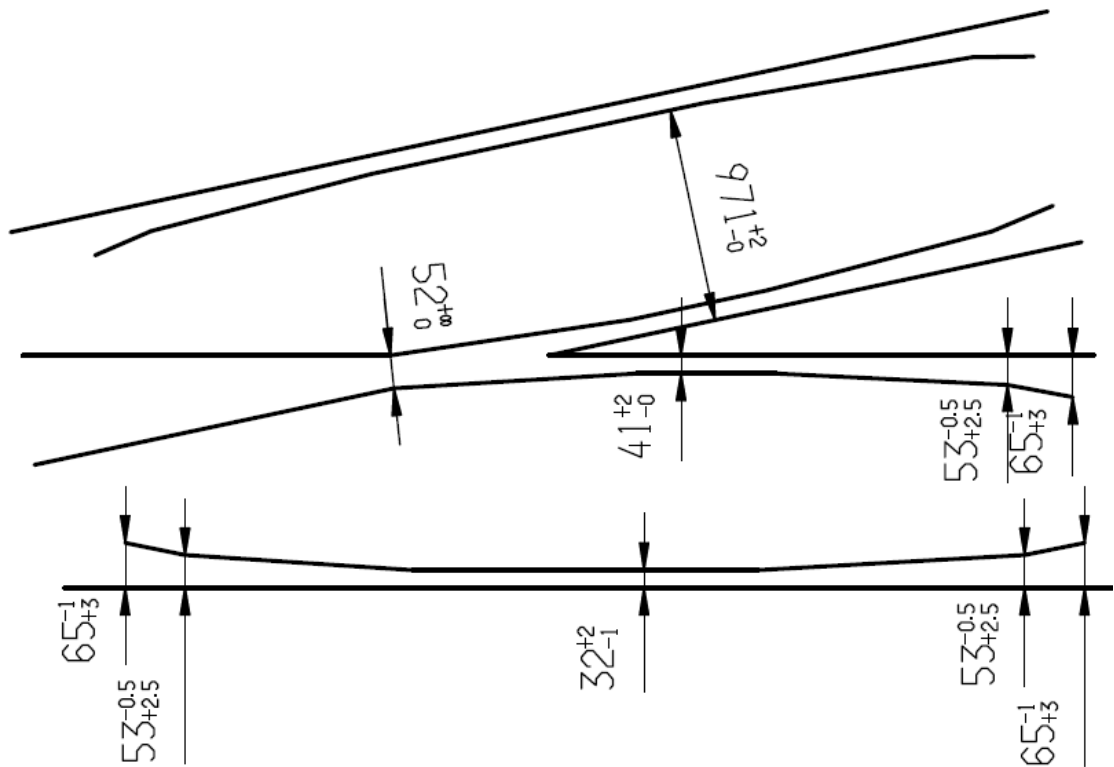


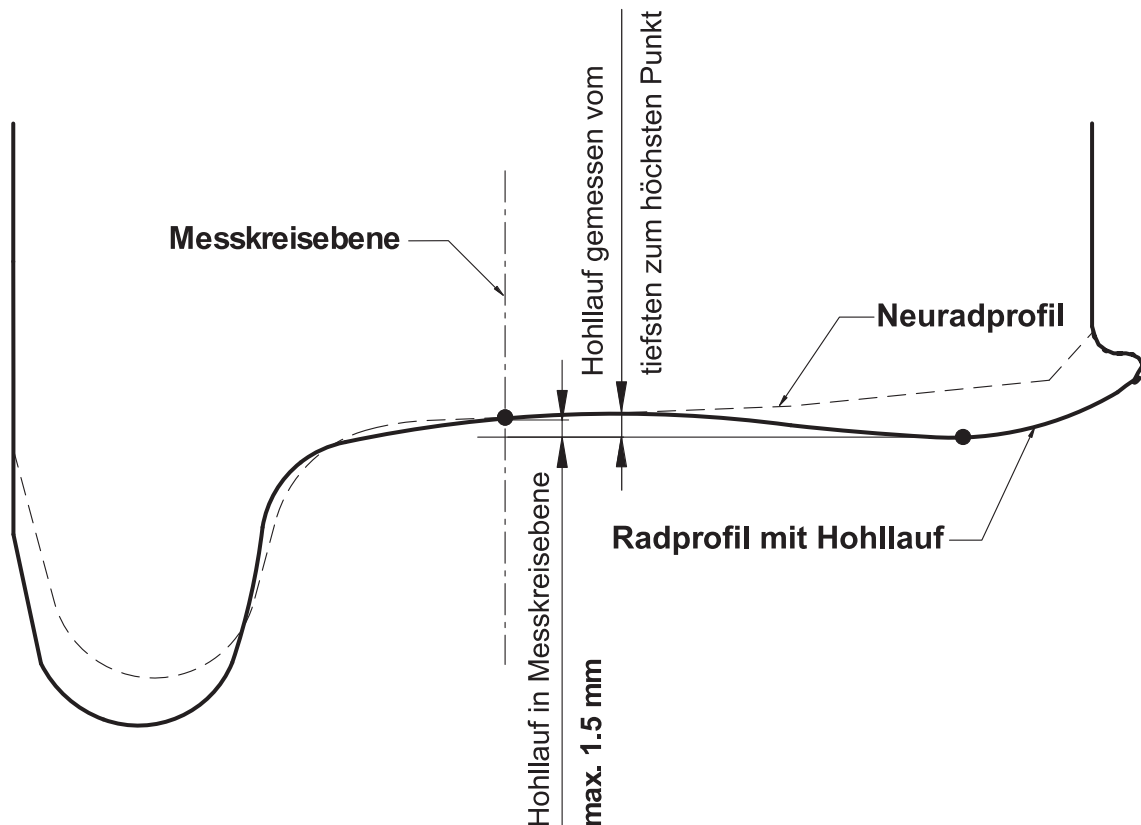
Abbildung 8-5: Hauptabmessungen des Herzens und der Radlenker einer Weiche für Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, Typ B und Typ C (MOB, TPF) unter Verwendung von Schienenprofilen SBB I (46E1).

9 Verschleiss

9.1 Hohllauf von Rädern

Durch die Abnutzung der Radlaufflächen entsteht eine ungleichmässige Radprofilform, welche nicht mehr der ursprünglichen entspricht. Erhält der äussere Teil des Rades einen grösseren Durchmesser als der Messkreis, so kann dies die Laufgüte beim Befahren einer Weiche beeinträchtigen. Weicht der äussere Raddurchmesser stark von der ursprünglichen Kontur ab oder übersteigt den Messkreisdurchmesser wesentlich, so können an den Zungenvorrichtungen und Herzstücken Schäden entstehen.

Um den Verschleiss an den Weichenherzstücken zu minimieren, wird empfohlen den Hohllauf möglichst gering zu halten. Wenn der Hohllauf mit einer Kontrolllehre (gemäss R RTE 41500) nicht erkennbar ist, misst man idealerweise den Hohllauf nicht am Messkreis, sondern vom tiefsten zum höchsten Punkt an der Radprofilkontur. Dazu eignen sich die gängigen elektronischen Messsysteme, die für diese Hohllauf-Messung angepasst werden müssen. In Abbildung 5-2 ist dargestellt, welcher Hohllauf in der Messkreisebene maximal zugelassen ist.



Der in der Messkreisebene maximal zugelassene Hohllauf beträgt 1.5 mm.

Abbildung 9-1: Hohllauf

Mögliche Ursachen für Hohllauf

- Zu kleines Spurspiel.
- Verschleiss durch intensives Bremsen.
- Dauernder Betrieb im erhöhten Schlupfbereich (bei angetriebenen Radsätzen).
- Zu weiches Radmaterial.

Zu grosser Hohllauf hat wesentliche Nachteile

- Auswirkung auf den Fahrweg, speziell im Weichenbereich (Aussagen nur anhand geometrischer Auswertungen oder festgestellter Schädigungen z.B. im Herzstück- oder Stockschienebereich möglich).
- Auswirkung auf den Fahrzeuglauf (Aussagen nur anhand berührgeometrischer Auswertungen möglich).
- Hohe mechanische Flächenpressungen im Bereich der Restüberdeckung Rad/Schiene im Weichenbereich.
- Lokale thermische Überbeanspruchung am Rad mit der Möglichkeit von Rissbildungen an den Diskontinuitätsflächen der Räder.
- Schlechte Kraftübertragung Rad/Schiene.

9.2 Verschleissradprofil

Bei den Normalspurbahnen werden in der Regel als Radprofil sogenannte Verschleissradprofile verwendet. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie sich im Betriebseinsatz berührgeometrisch nicht verändern. Dadurch bleiben die lauftechnischen Eigenschaften der Fahrzeuge auch bei zunehmendem Verschleiss der Radlaufflächen erhalten.

Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, dass sich an den Rädern berührgeometrische Verschleissradprofile einstellen, die von den Eigenschaften der zu befahrenden Schienen abhängen. Neben dem Schienenprofil, z.B. SBB I (46E1) ist dabei vor allem die Einbauneigung der Schienen bedeutsam. So verwenden Normalspurbahnen in Ländern mit Schieneneinbauneigung 1:20 (z.B. England, Norwegen, Frankreich, Finnland, Dänemark) andere Radprofile als Länder mit Schieneneinbauneigung 1:40 (z.B. Schweiz und Deutschland). Die Schweizer Meterspurbahnen verwenden mehrheitlich eine Schieneneinbauneigung von 1:20.

Die 2005 durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass es sich bei den Radprofilen, welche Eingang in die R RTE 29500 gefunden haben, nicht um verschleissangepasste Radprofile handelt. Massgebend dabei war die Untersuchung der geometrischen Interaktion. Die Berührgeometrische Interaktion von Rad und Schiene war dabei nicht Bestandteil dieser Untersuchungen.

Eine Optimierung der Radprofile hinsichtlich ihrer berührgeometrischen Eigenschaften ist nicht Gegenstand der vorliegenden Regelung. Die Optimierung von Radprofilen oder die Einführung von Verschleissradprofilen obliegt der Verantwortung der jeweiligen Bahn. Dabei sind die Vorgaben der AB-EBV und besonders der BAV-Richtlinie Nachweis sicheres Fahrverhalten Meterspur-, Spezialspur- und Zahnradbahnen, zu berücksichtigen.

9.3 Abweichung vom nominalen Radprofil

Im Betrieb kann es zu Abnutzungen am Radprofil kommen, die zu Abweichungen vom Nominalradprofil führen. Wenn die Spurkranzdicke s_D von diesen Abweichungen betroffen ist führt das in der Regel bei der R0 (Reprofilierung) dazu, dass der Raddurchmesser erheblich reduziert werden muss, um den Spurkranz mit Nominal- s_D herzustellen.

Das punktierte Radprofil hat sich im Betrieb eingestellt. Wird bei der R0 der Spurkranz mit nominalem s_D hergestellt (durchgezogenes Radprofil), muss der Raddurchmesser erheblich reduziert werden. Wird hingegen das Mass s_D reduziert, wie beim gestrichelten Radprofil dargestellt, kann die R0 bei nahezu unverändertem Raddurchmesser durchgeführt werden.

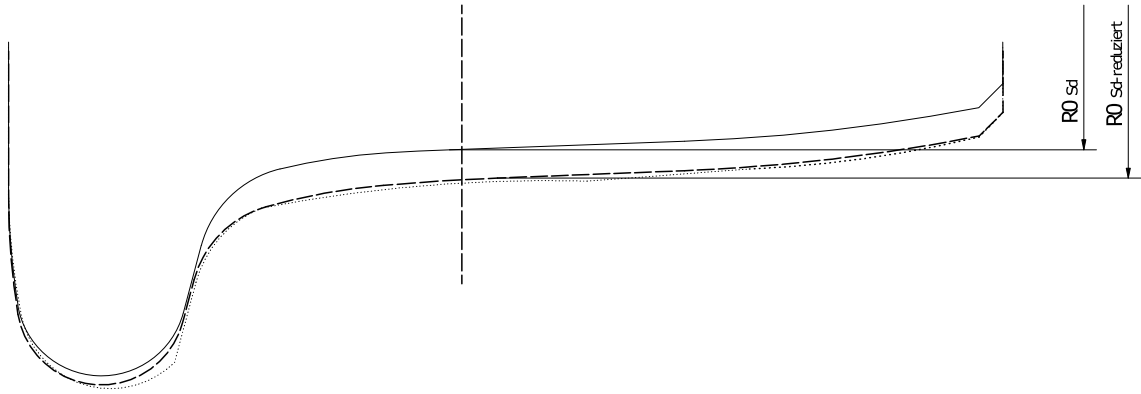


Abbildung 9-2: Erhöhung der Rad-Laufleistung durch Verwendung einer reduzierten Spurkranzdicke.

9.4 Abnutzung der Stockschiene

Durch die Abnutzung der Stockschiene verändert sich die relative Lage zur Weichenzungenspitze sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung. Durch die verschiedenen Verschleissformen ergeben sich für ein konstantes Klaffmass q_E unterschiedliche Funktionswerte q_{WZ} .

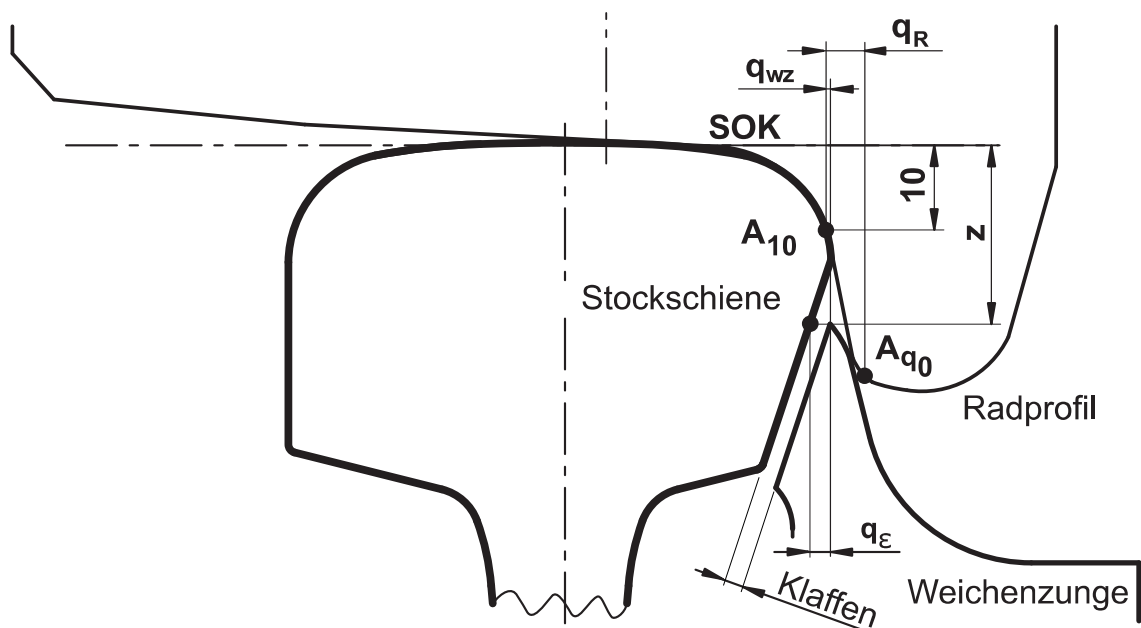


Abbildung 9-3: Zusammenhang der Punkte A_{10} , A_{q0} sowie der Masse q_{wz} , q_E und q_R . am Weichenzungenanfang.

9.5 Ausbrüche an der Weichenzunge

Ausbrüche an der Weichenzunge sind gemäss D RTE 22556 zulässig, wenn deren Längen kleiner als 200 mm und diese oberhalb der Grenzwertmarkierung (17.4 mm unterhalb SOK) sind.

Die Prüfung der Ausbrüche erfolgt mit der Zungenkontroll-Lehre 2 (gemäss D RTE 22556).

Nach dem zugrundeliegenden System ORE C 70 (Entgleisungssystem an der Weiche: Zungenspitze und Ausbrüche) hängt die sichere Befahrbarkeit der Weichen wesentlich von der relativen Lage der Zungenspitze zur Stockschiene ab. Grundsätzlich wird die Querlage der Zunge durch den Weichenantrieb und den Weichenverschluss bestimmt. Der Antrieb führt den Umstellvorgang aus und der Verschluss fixiert die Zunge. Die Querlage der Zunge zur Stockschiene kann dabei nur über den Verschluss eingestellt werden.

Durch die Abnutzung der Stockschiene können sich aber unterschiedliche Situationen bei gleichem Klaffmass ergeben. Deshalb ist es nicht ausreichend, nur das Klaffmass allein zu prüfen. Um die sichere Befahrbarkeit der Zunge zu gewährleisten, muss eine geometrische Prüfung am Zungenanfang vorgenommen werden. Mit der Zungenlehre 1 (gemäß D RTE 22556) wird sichergestellt, dass das Funktionsmass q_{wz} bedingungsge-
mäss ist.

Radsatz		Typ A	Typ B	Typ C
Beurteilungsgrösse [mm]				
S_h	min	28	28	28
q_R	min	4.5	4.5	4.5
	neu	7.23	7.23	6.58
q_E	max	3	3	3
z	max	25	25	25
	min	20	20	20

Tabelle 10-2: Querschnitt am Zungenanfang

10.2 Ausbildung des Weichenzungenanfangs im Neuzustand (Klaffmass)

Im Bereich der Weichenzungen spitzen ist die Radführung besonders zu beachten. Es ist eine möglichst kontinuierliche und ruckarme Führung der Radsätze für alle Verschleisszustände der Räder und Weichenzungen anzustreben. Beim Spitzbefahren einer Weiche ist einem allfälligen Aufsteigen des Rades an der Zunge grösste Beachtung zu schenken.

Für die Entgleisungssicherheit spielt die Auslegung des Weichenzungenanfangs mit dem Klaffmass eine bedeutende Rolle. Es gibt Anwendungen mit abgesenkter Weichenzunge und Spezialanwendungen mit einer hochgezogenen Zunge.

10.2.1 Klaffmass bei abgesenkter Weichenzunge

Die Lage der Weichenzungen spitze wird durch das Klaffmass q_e , dem Funktionsmass q_{wz} und der Weichenzungenabsenkung z beschrieben. Als Klaffen der Weichenzunge bezeichnet man den lotrechten Abstand zwischen der Stockschiene und der Weichenzunge. Das Quermass wird als Klaffmass q_e am Weichenzungenanfang gemessen.

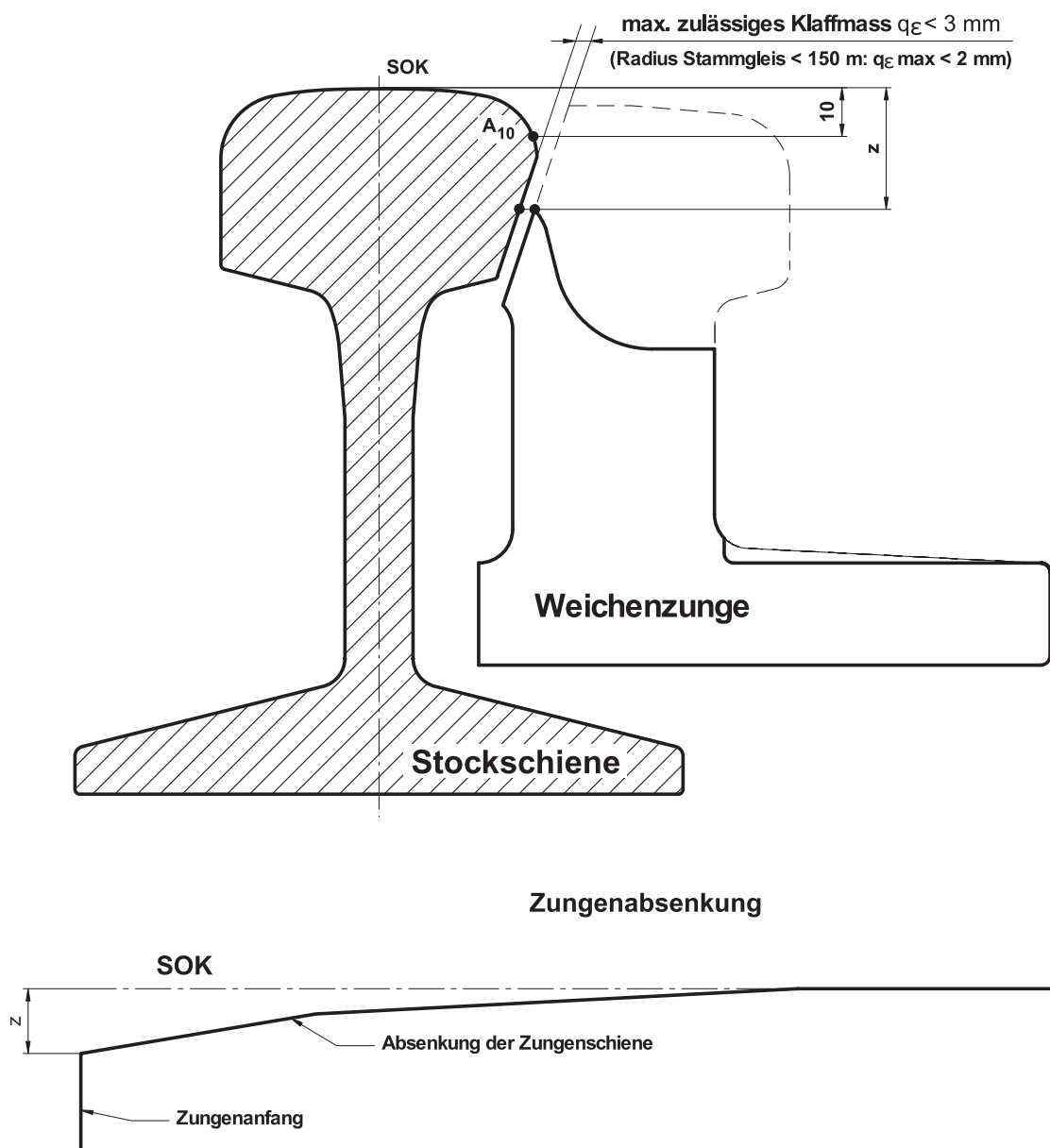


Abbildung 10-2: Klaffmass bei abgesenkter Weichenzunge.

10.2.2 Klaffmass bei hochgezogener Weichenzunge

Die Hochgezogene Weichenzunge kommt bei Radsätzen mit zu geringer Spurkranzhöhe zum Einsatz. Solche Radsätze kommen bei Bahnen mit Rillenschienenweichen zum Einsatz.

Im Anlagebereich von Zungen- und Stockschiene kann die Zunge unterschlagend oder eingelassen ausgebildet werden. Spurführungstechnisch ist die unterschlagende Variante zu bevorzugen, da dort die durchgehende Fahrkante der Stockschiene nicht verletzt wird. Bei abnehmenden Spurkranzhöhen sowie Gleisbogenhalbmessern $< 100\text{ m}$ (in und unmittelbar vor Zungenvorrichtungen) ist die eingelassene Form anzuwenden, um beim Auftreten des Klaffmasses Q resp. q_ϵ ein Aufsteigen des Rades auf die Zungenspitze auszuschliessen.

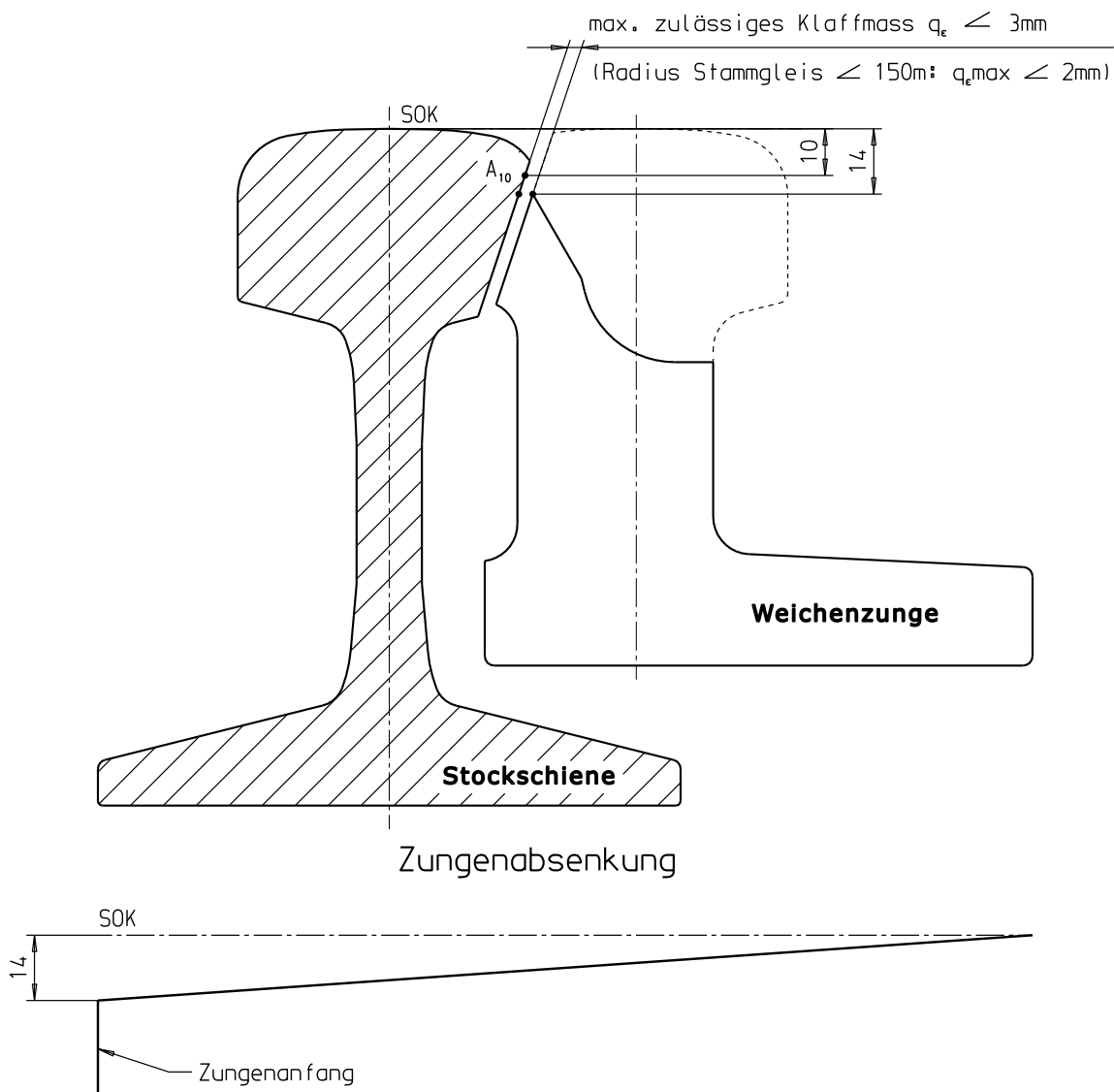


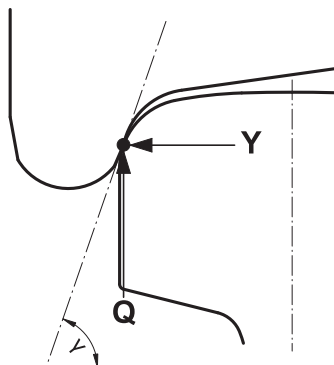
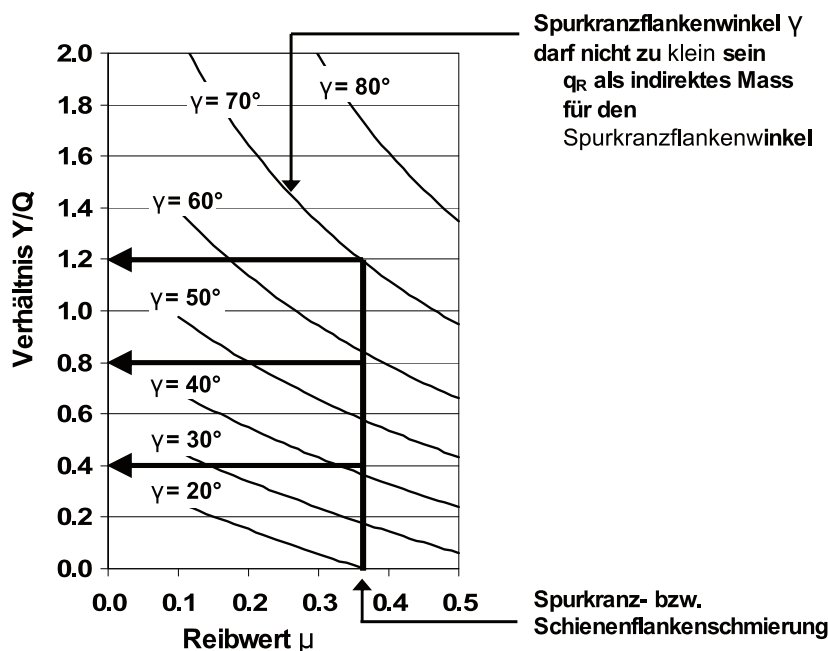
Abbildung 10-3: Klaffmass bei hochgezogener Weichenzunge.

10.3 Einfluss des Spurkranzflankenwinkels auf die Entgleisungssicherheit

Der Spurkranzflankenwinkel γ beeinflusst die Entgleisungssicherheit der Fahrzeuge maßgebend. Für die freie Strecke gilt das Entgleisungsmodell. Ein allfälliges Aufklettern des Rades an der Schienenfahrkante ist abhängig vom Schmierzustand der Spurkranzflanke und von deren Winkel.

Grundsätzlich gilt, dass die Tendenz zur Entgleisung mit kleiner werdendem Spurkranzflankenwinkel ansteigt. Es wird deshalb in jedem Fall empfohlen, diesen Winkel mit mindestens 70° anzusetzen. Für gewisse entgleisungskritische Fahrzeuge ist es sinnvoll, 75° zu wählen. Treten an gewissen Stellen des Streckennetzes trotzdem systematisch Entgleisungen auf, so ist bei Entgleisungen nach bogenaussen u.a. die Wirksamkeit der Spurkranzschmierung bei den Fahrzeugen zu kontrollieren. Dies kann auch durch Streckenbegehungen überprüft werden. Dabei ist auf das Vorhandensein eines Schmierfilms an der inneren Fahrkante der bogenäusseren Schiene zu achten.

Weichenzungenspitze: $Y/Q \leq 0.4$ nach ORE C70
 Vollbögen: $Y/Q \leq 0.8$ nach ORE C138
 Verwindungsentgleisung: $Y/Q \leq 1.2$ nach ORE B55



Formel von Nadal

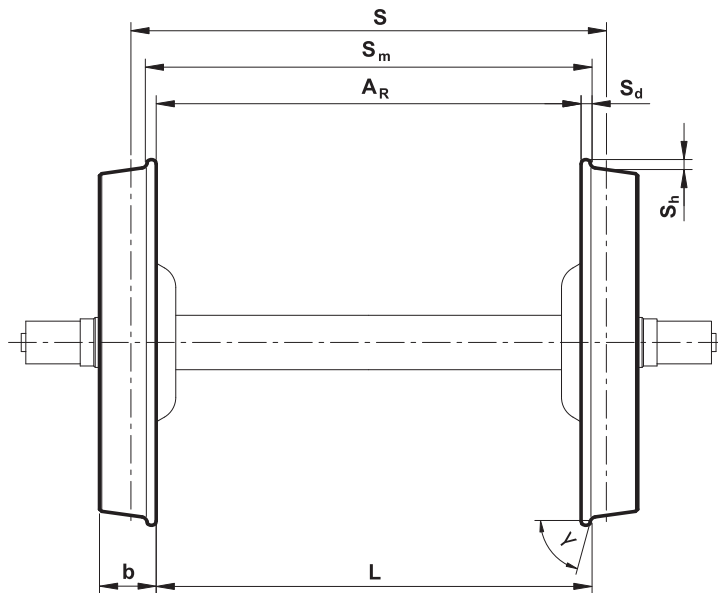
$$\frac{Y}{Q} = \frac{\tan(\gamma) - \mu}{1 + \mu \cdot \tan(\gamma)}$$

Abbildung 10-4: Bestimmung der Entgleisungssicherheit nach Nadal.

Anhänge A1 – A4 (Allgemein)

A1 Radsatz und Radprofil Typ A, Weiche Typ a

A1.1 Radsatz Typ A – Aussenliegende Achslagerung

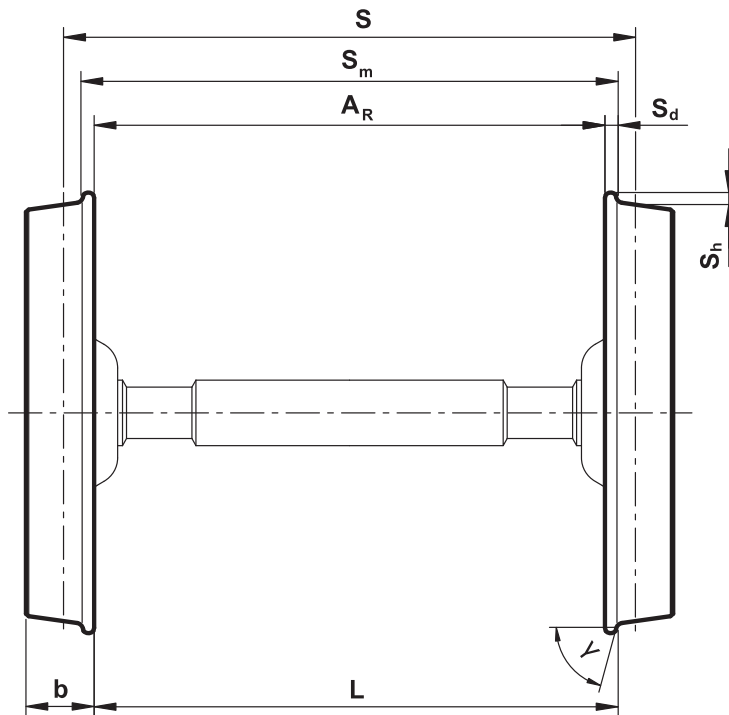


		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
S	Abstand der Messkreisebenen	(1'050)	–	–	–	–
S _m	Spurmass	989	1	d)	1 c)	-14 c)
A _R	Radrückenabstand	935	1	0	1 c)	-2 c)
L	Leitmass a)	(962)	–	–	–	–
b	Radreifen- bzw. Radkranz- breite	125	1	-1	5	-3
γ	Spurkranzflankenwinkel	75° e)	–	–	–	–
S _d	Spurkranzdicke	27	0	–	0	-7
S _h	Spurkranzhöhe	28	–	0	10 b)	0

Abbildung A1-1: Vermessung Radsatz Typ A mit aussenliegender Achslagerung.

- a) Leitmass = Radrückenabstand + eine Spurkranzdicke
- b) Triebfahrzeuge von Zahnradbahnen deren Zahnrad nicht höhenverstellbar ist +13 mm
- c) Masse gemessen ungefähr auf Schienenhöhe
- d) Bei Radsätzen deren Spurkränze im Betrieb dicker werden, darf eine untere Toleranz von bis zu **-10 mm** angewendet werden
- e) Empfohlener Wert

A1.2 Radsatz Typ A – Innenliegende Achslagerung



		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
S	Abstand der Messkreisebenen	(1'050)	–	–	–	–
S _m	Spurmass	989	0	d)	1 c)	-14 c)
A _R	Radrückenabstand	935	0	-1	1 c)	-2 c)
L	Leitmass a)	(962)	–	–	–	–
b	Radreifen- bzw. Radkranz- breite	125	1	-1	5	-3
γ	Spurkranzflankenwinkel	75° e)	–	–	–	–
S _d	Spurkranzdicke	27	0	–	0	-7
S _h	Spurkranzhöhe	28	–	0	10 b)	0

Abbildung A1-2: Vermassung Radsatz Typ A mit innenliegender Achslagerung.

- a) Leitmass = Radrückenabstand + eine Spurkranzdicke
- b) Triebfahrzeuge von Zahnradbahnen deren Zahnrad nicht höhenverstellbar ist +13 mm
- c) Masse gemessen ungefähr auf Schienenhöhe
- d) Bei Radsätzen deren Spurkränze im Betrieb dicker werden, darf eine untere Toleranz von bis zu **-10 mm** angewendet werden
- e) Empfohlener Wert

A1.3 Radprofil Typ A

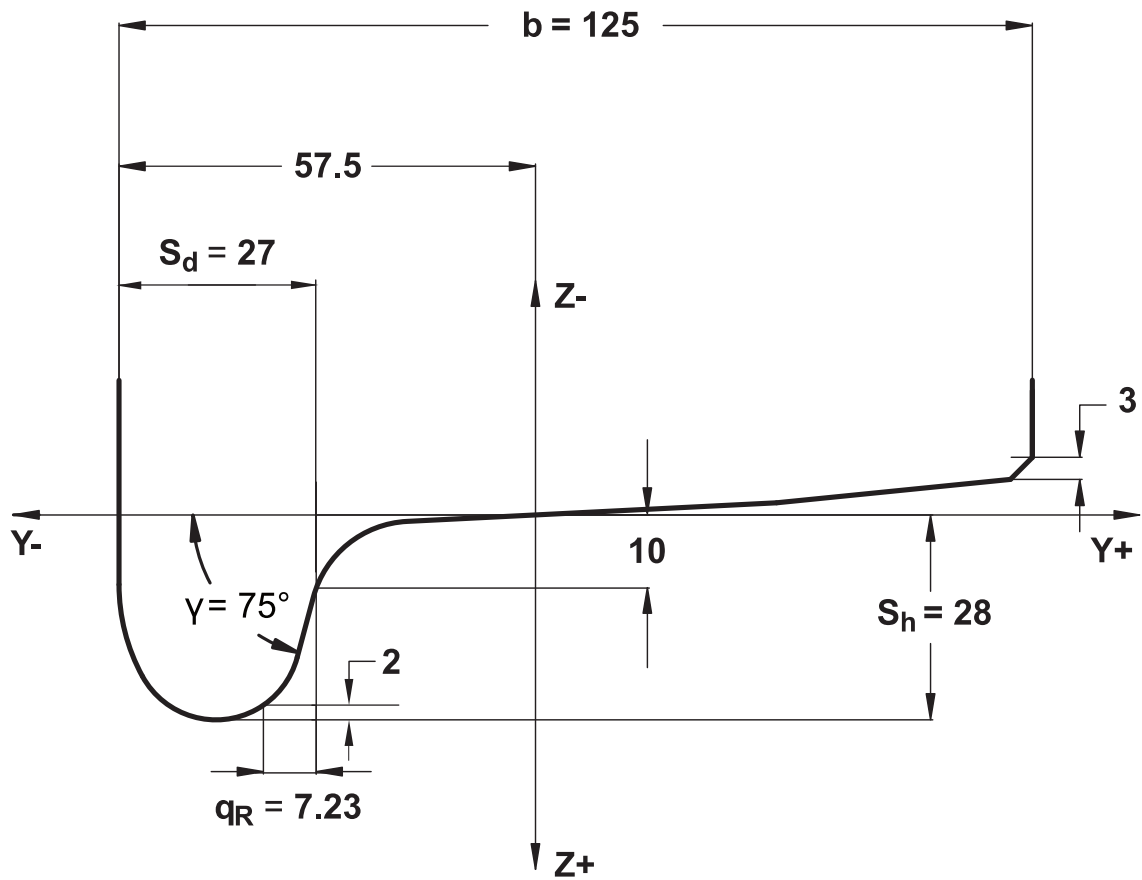
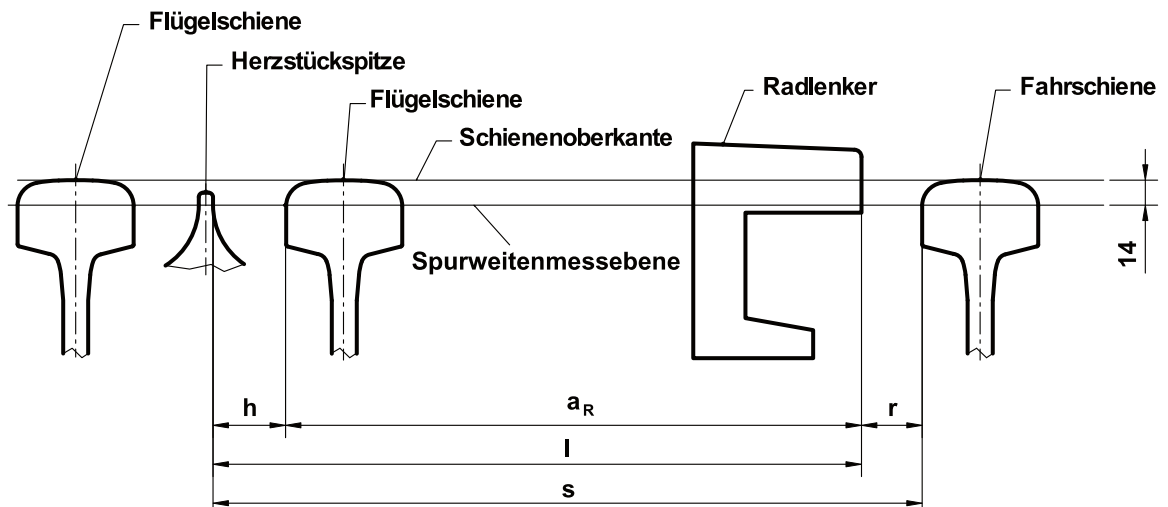


Abbildung A1-3: Radprofil Typ A (Masse in mm).

y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]
-57.00000	9.52052	-28.50000	7.06575	0.00000	0.00000	28.50000	-1.42500	57.00000	-4.05000
-56.50000	14.59497	-28.00000	6.36718	0.50000	-0.02500	29.00000	-1.45000	57.50000	-4.10000
-56.00000	16.66195	-27.50000	5.74926	1.00000	-0.05000	29.50000	-1.47500	58.00000	-4.15000
-55.50000	18.22397	-27.00000	5.19649	1.50000	-0.07500	30.00000	-1.50000	58.50000	-4.20000
-55.00000	19.52052	-26.50000	4.69824	2.00000	-0.10000	30.50000	-1.52500	59.00000	-4.25000
-54.50000	20.64482	-26.00000	4.24683	2.50000	-0.12500	31.00000	-1.55000	59.50000	-4.30000
-54.00000	21.64488	-25.50000	3.83650	3.00000	-0.15000	31.50000	-1.57500	60.00000	-4.35000
-53.50000	22.53326	-25.00000	3.46282	3.50000	-0.17500	32.00000	-1.60000	60.50000	-4.40000
-53.00000	23.27794	-24.50000	3.12228	4.00000	-0.20000	32.50000	-1.62500	61.00000	-4.45000
-52.50000	23.91490	-24.00000	2.81208	4.50000	-0.22500	33.00000	-1.65000	61.50000	-4.50000
-52.00000	24.47001	-23.50000	2.52992	5.00000	-0.25000	33.50000	-1.70000	62.00000	-4.55000
-51.50000	24.95940	-23.00000	2.27392	5.50000	-0.27500	34.00000	-1.75000	62.50000	-4.60000
-51.00000	25.39391	-22.50000	2.04252	6.00000	-0.30000	34.50000	-1.80000	63.00000	-4.65000
-50.50000	25.78127	-22.00000	1.83440	6.50000	-0.32500	35.00000	-1.85000	63.50000	-4.70000
-50.00000	26.12716	-21.50000	1.64845	7.00000	-0.35000	35.50000	-1.90000	64.00000	-4.75000
-49.50000	26.43592	-21.00000	1.48377	7.50000	-0.37500	36.00000	-1.95000	64.50000	-4.80000
-49.00000	26.71092	-20.50000	1.33956	8.00000	-0.40000	36.50000	-2.00000	65.00000	-4.85000
-48.50000	26.95481	-20.00000	1.21518	8.50000	-0.42500	37.00000	-2.05000	65.50000	-5.35000
-48.00000	27.16974	-19.50000	1.11010	9.00000	-0.45000	37.50000	-2.10000	66.00000	-5.85000
-47.50000	27.35743	-19.00000	1.02387	9.50000	-0.47500	38.00000	-2.15000	66.50000	-6.35000
-47.00000	27.51926	-18.50000	0.95613	10.00000	-0.50000	38.50000	-2.20000	67.00000	-6.85000
-46.50000	27.65636	-18.00000	0.90664	10.50000	-0.52500	39.00000	-2.25000	67.50000	-7.35000
-46.00000	27.76963	-17.50000	0.87500	11.00000	-0.55000	39.50000	-2.30000	68.00000	-7.85000
-45.50000	27.85979	-17.00000	0.85000	11.50000	-0.57500	40.00000	-2.35000		
-45.00000	27.92739	-16.50000	0.82500	12.00000	-0.60000	40.50000	-2.40000		
-44.50000	27.97281	-16.00000	0.80000	12.50000	-0.62500	41.00000	-2.45000		
-44.00000	27.99634	-15.50000	0.77500	13.00000	-0.65000	41.50000	-2.50000		
-43.50000	27.99809	-15.00000	0.75000	13.50000	-0.67500	42.00000	-2.55000		
-43.00000	27.97808	-14.50000	0.72500	14.00000	-0.70000	42.50000	-2.60000		
-42.50000	27.93620	-14.00000	0.70000	14.50000	-0.72500	43.00000	-2.65000		
-42.00000	27.87220	-13.50000	0.67500	15.00000	-0.75000	43.50000	-2.70000		
-41.50000	27.78571	-13.00000	0.65000	15.50000	-0.77500	44.00000	-2.75000		
-41.00000	27.67620	-12.50000	0.62500	16.00000	-0.80000	44.50000	-2.80000		
-40.50000	27.54300	-12.00000	0.60000	16.50000	-0.82500	45.00000	-2.85000		
-40.00000	27.38522	-11.50000	0.57500	17.00000	-0.85000	45.50000	-2.90000		
-39.50000	27.20179	-11.00000	0.55000	17.50000	-0.87500	46.00000	-2.95000		
-39.00000	26.99136	-10.50000	0.52500	18.00000	-0.90000	46.50000	-3.00000		
-38.50000	26.75226	-10.00000	0.50000	18.50000	-0.92500	47.00000	-3.05000		
-38.00000	26.48245	-9.50000	0.47500	19.00000	-0.95000	47.50000	-3.10000		
-37.50000	26.17933	-9.00000	0.45000	19.50000	-0.97500	48.00000	-3.15000		
-37.00000	25.83969	-8.50000	0.42500	20.00000	-1.00000	48.50000	-3.20000		
-36.50000	25.45936	-8.00000	0.40000	20.50000	-1.02500	49.00000	-3.25000		
-36.00000	25.03290	-7.50000	0.37500	21.00000	-1.05000	49.50000	-3.30000		
-35.50000	24.55299	-7.00000	0.35000	21.50000	-1.07500	50.00000	-3.35000		
-35.00000	24.00939	-6.50000	0.32500	22.00000	-1.10000	50.50000	-3.40000		
-34.50000	23.38703	-6.00000	0.30000	22.50000	-1.12500	51.00000	-3.45000		
-34.00000	22.66210	-5.50000	0.27500	23.00000	-1.15000	51.50000	-3.50000		
-33.50000	21.79262	-5.00000	0.25000	23.50000	-1.17500	52.00000	-3.55000		
-33.00000	20.68952	-4.50000	0.22500	24.00000	-1.20000	52.50000	-3.60000		
-32.50000	19.09736	-4.00000	0.20000	24.50000	-1.22500	53.00000	-3.65000		
-32.00000	17.23134	-3.50000	0.17500	25.00000	-1.25000	53.50000	-3.70000		
-31.50000	15.36532	-3.00000	0.15000	25.50000	-1.27500	54.00000	-3.75000		
-31.00000	13.49930	-2.50000	0.12500	26.00000	-1.30000	54.50000	-3.80000		
-30.50000	11.63328	-2.00000	0.10000	26.50000	-1.32500	55.00000	-3.85000		
-30.00000	10.00001	-1.50000	0.07500	27.00000	-1.35000	55.50000	-3.90000		
-29.50000	8.81880	-1.00000	0.05000	27.50000	-1.37500	56.00000	-3.95000		
-29.00000	7.86907	-0.50000	0.02500	28.00000	-1.40000	56.50000	-4.00000		

Tabelle A1-4: CNC-Daten Radprofil Typ A.

A1.4 Weiche Typ a



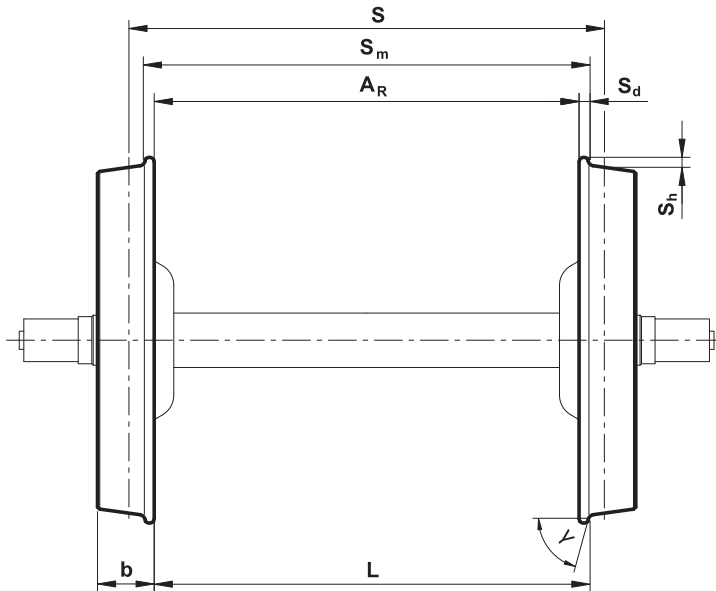
		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
s	Spurweite ^{a)}	1'003	2	-2	10	-3
a _R	Leitkantenabstand	(924)	–	–	–	–
l	Leitweite ^{b)}	965	2	0 ^{c)}	4	-2
r	Radlenkerrille	38	1	-2	2	-2
h	Herzstückrille	41	1	-1	4	-2

Abbildung A1-5: Vermessung Weiche Typ a.

- a) Nicht verbindlich im Herzstück/Radlenkerbereich.
b) Gemessen 100 mm nach der Herzstückspitze.
c) Je nach Schienenprofil in Ausnahmefällen **-1 mm** zulässig.

A2 Radsatz und Radprofil Typ B, Weiche Typ b

A2.1 Radsatz Typ B – Aussenliegende Achslagerung

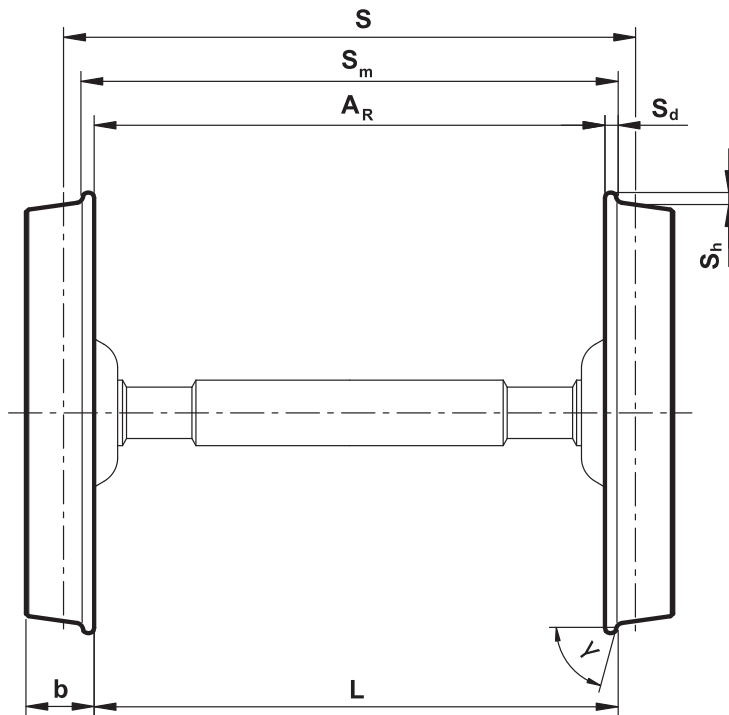


		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
S	Abstand der Messkreisebenen	(1'050)	–	–	–	–
S _m	Spurmass	989	1	d)	1 c)	-14 c)
A _R	Radrückenabstand	944	1	0	1 c)	-2 c)
L	Leitmass a)	(966.5)	–	–	–	–
b	Radreifen- bzw. Radkranz- breite	120	1	-1	5	-3
γ	Spurkranzflankenwinkel	75° e)	–	–	–	–
S _d	Spurkranzdicke	22.5	0	–	0	-7
S _h	Spurkranzhöhe	28	–	0	10 b)	0

Abbildung A2-1: Vermessung Radsatz Typ B mit aussenliegender Achslagerung.

- a) Leitmass = Radrückenabstand + eine Spurkranzdicke
- b) Triebfahrzeuge von Zahnradbahnen deren Zahnrad nicht höhenverstellbar ist +13 mm.
- c) Masse gemessen ungefähr auf Schienenhöhe.
- d) Bei Radsätzen deren Spurkränze im Betrieb dicker werden, darf eine untere Toleranz von bis zu **-10 mm** angewendet werden.
- e) Empfohlener Wert

A2.2 Radsatz Typ B – Innenliegende Achslagerung



		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
S	Abstand der Messkreisebenen	(1'050)	–	–	–	–
S _m	Spurmass	989	0	d)	1 c)	-14 c)
A _R	Radrückenabstand	944	0	-1	1 c)	-2 c)
L	Leitmass ^{a)}	(966.5)	–	–	–	–
b	Radreifen- bzw. Radkranz- breite	120	1	-1	5	-3
γ	Spurkranzflankenwinkel	75° e)	–	–	–	–
S _d	Spurkranzdicke	22.5	0	–	0	-7
S _h	Spurkranzhöhe	28	–	0	10 ^{b)}	0

Abbildung A2-2: Vermassung Radsatz Typ B mit innenliegender Achslagerung.

- a) Leitmass = Radrückenabstand + eine Spurkranzdicke
- b) Triebfahrzeuge von Zahnradbahnen deren Zahnrad nicht höhenverstellbar ist +13 mm.
- c) Masse gemessen ungefähr auf Schienenhöhe.
- d) Bei Radsätzen deren Spurkränze im Betrieb dicker werden, darf eine untere Toleranz von bis zu **-10 mm** angewendet werden.
- e) Empfohlener Wert

A2.3 Radprofil Typ B

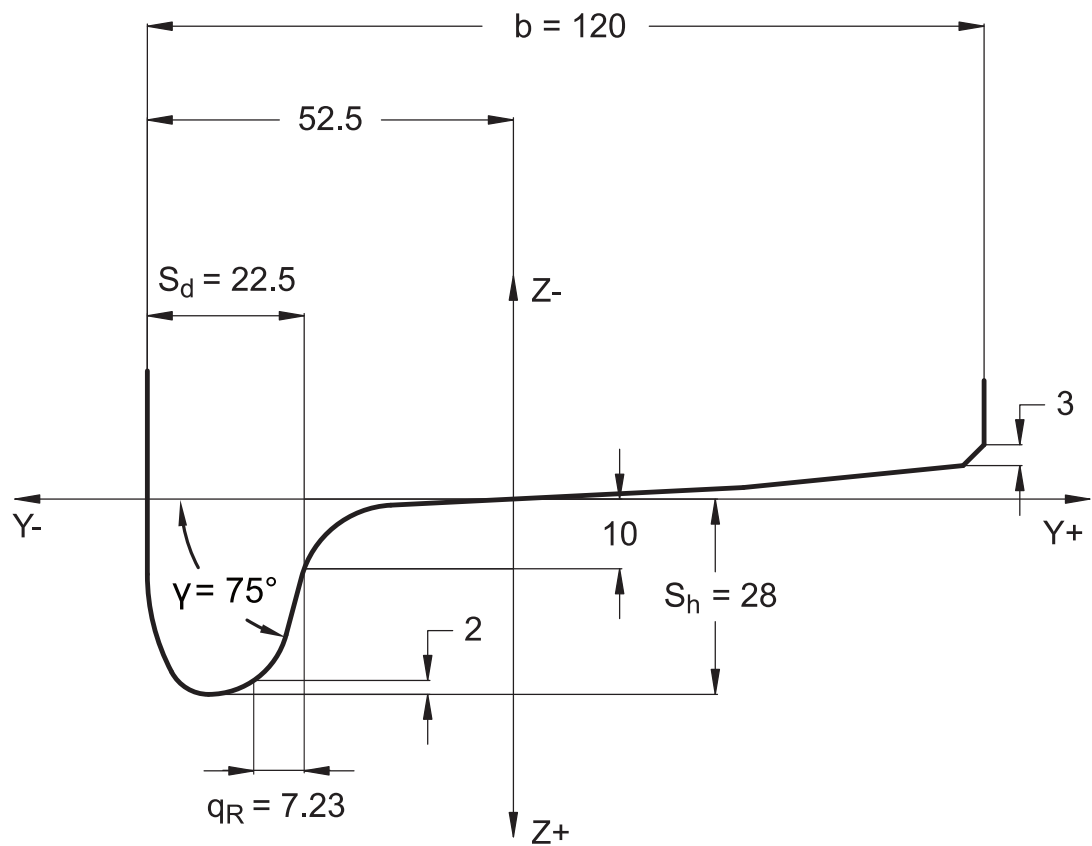
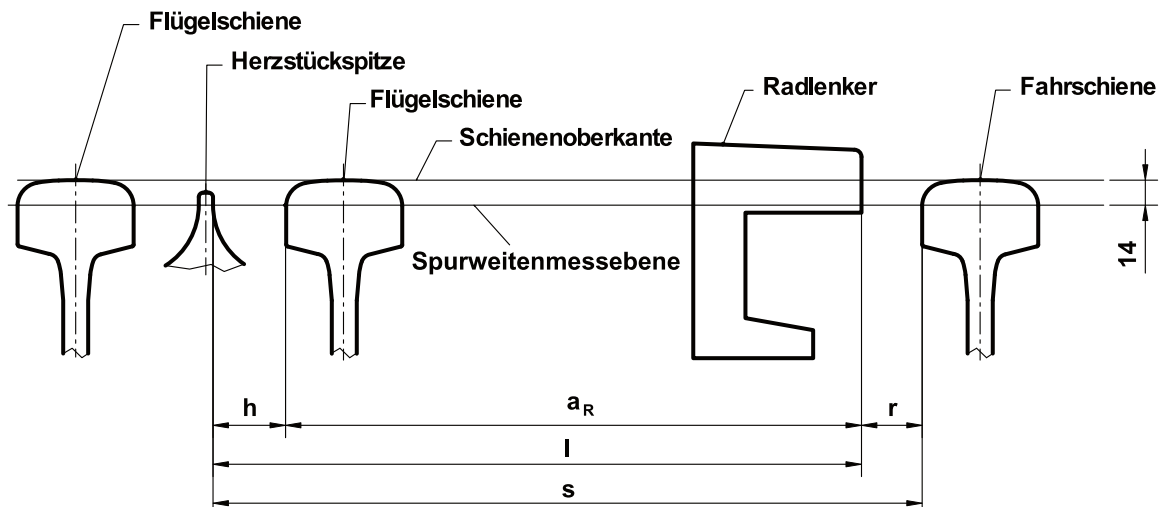


Abbildung A2-3: Radprofil Typ B (Masse in mm).

y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]
		-28.50000	7.06575	0.00000	0.00000	28.50000	-1.42500	57.00000	-4.05000
		-28.00000	6.36718	0.50000	-0.02500	29.00000	-1.45000	57.50000	-4.10000
		-27.50000	5.74926	1.00000	-0.05000	29.50000	-1.47500	58.00000	-4.15000
		-27.00000	5.19649	1.50000	-0.07500	30.00000	-1.50000	58.50000	-4.20000
		-26.50000	4.69824	2.00000	-0.10000	30.50000	-1.52500	59.00000	-4.25000
		-26.00000	4.24683	2.50000	-0.12500	31.00000	-1.55000	59.50000	-4.30000
		-25.50000	3.83650	3.00000	-0.15000	31.50000	-1.57500	60.00000	-4.35000
		-25.00000	3.46282	3.50000	-0.17500	32.00000	-1.60000	60.50000	-4.40000
		-24.50000	3.12228	4.00000	-0.20000	32.50000	-1.62500	61.00000	-4.45000
		-24.00000	2.81208	4.50000	-0.22500	33.00000	-1.65000	61.50000	-4.50000
		-23.50000	2.52992	5.00000	-0.25000	33.50000	-1.70000	62.00000	-4.55000
		-23.00000	2.27392	5.50000	-0.27500	34.00000	-1.75000	62.50000	-4.60000
		-22.50000	2.04252	6.00000	-0.30000	34.50000	-1.80000	63.00000	-4.65000
		-22.00000	1.83440	6.50000	-0.32500	35.00000	-1.85000	63.50000	-4.70000
		-21.50000	1.64845	7.00000	-0.35000	35.50000	-1.90000	64.00000	-4.75000
		-21.00000	1.48377	7.50000	-0.37500	36.00000	-1.95000	64.50000	-4.80000
		-20.50000	1.33956	8.00000	-0.40000	36.50000	-2.00000	65.00000	-5.30000
		-20.00000	1.21518	8.50000	-0.42500	37.00000	-2.05000	65.50000	-5.80000
		-19.50000	1.11010	9.00000	-0.45000	37.50000	-2.10000	66.00000	-6.30000
		-19.00000	1.02387	9.50000	-0.47500	38.00000	-2.15000	66.50000	-6.80000
		-18.50000	0.95613	10.00000	-0.50000	38.50000	-2.20000	67.00000	-7.30000
		-18.00000	0.90664	10.50000	-0.52500	39.00000	-2.25000	67.50000	-7.80000
		-17.50000	0.87500	11.00000	-0.55000	39.50000	-2.30000		
		-17.00000	0.85000	11.50000	-0.57500	40.00000	-2.35000		
		-16.50000	0.82500	12.00000	-0.60000	40.50000	-2.40000		
		-16.00000	0.80000	12.50000	-0.62500	41.00000	-2.45000		
		-15.50000	0.77500	13.00000	-0.65000	41.50000	-2.50000		
		-15.00000	0.75000	13.50000	-0.67500	42.00000	-2.55000		
		-14.50000	0.72500	14.00000	-0.70000	42.50000	-2.60000		
		-14.00000	0.70000	14.50000	-0.72500	43.00000	-2.65000		
		-13.50000	0.67500	15.00000	-0.75000	43.50000	-2.70000		
		-13.00000	0.65000	15.50000	-0.77500	44.00000	-2.75000		
		-12.50000	0.62500	16.00000	-0.80000	44.50000	-2.80000		
		-12.00000	0.60000	16.50000	-0.82500	45.00000	-2.85000		
		-11.50000	0.57500	17.00000	-0.85000	45.50000	-2.90000		
		-11.00000	0.55000	17.50000	-0.87500	46.00000	-2.95000		
		-10.50000	0.52500	18.00000	-0.90000	46.50000	-3.00000		
		-10.00000	0.50000	18.50000	-0.92500	47.00000	-3.05000		
		-9.50000	0.47500	19.00000	-0.95000	47.50000	-3.10000		
		-9.00000	0.45000	19.50000	-0.97500	48.00000	-3.15000		
		-8.50000	0.42500	20.00000	-1.00000	48.50000	-3.20000		
		-8.00000	0.40000	20.50000	-1.02500	49.00000	-3.25000		
		-7.50000	0.37500	21.00000	-1.05000	49.50000	-3.30000		
		-7.00000	0.35000	21.50000	-1.07500	50.00000	-3.35000		
		-6.50000	0.32500	22.00000	-1.10000	50.50000	-3.40000		
		-6.00000	0.30000	22.50000	-1.12500	51.00000	-3.45000		
		-5.50000	0.27500	23.00000	-1.15000	51.50000	-3.50000		
		-5.00000	0.25000	23.50000	-1.17500	52.00000	-3.55000		
		-4.50000	0.22500	24.00000	-1.20000	52.50000	-3.60000		
		-4.00000	0.20000	24.50000	-1.22500	53.00000	-3.65000		
		-3.50000	0.17500	25.00000	-1.25000	53.50000	-3.70000		
		-3.00000	0.15000	25.50000	-1.27500	54.00000	-3.75000		
		-2.50000	0.12500	26.00000	-1.30000	54.50000	-3.80000		
		-2.00000	0.10000	26.50000	-1.32500	55.00000	-3.85000		
		-1.50000	0.07500	27.00000	-1.35000	55.50000	-3.90000		
		-1.00000	0.05000	27.50000	-1.37500	56.00000	-3.95000		
		-0.50000	0.02500	28.00000	-1.40000	56.50000	-4.00000		
-52.50000	10.76844								
-52.00000	16.22280								
-51.50000	18.44959								
-51.00000	20.13594								
-50.50000	21.53877								
-50.00000	22.75802								
-49.50000	23.84514								
-49.00000	24.83069								
-48.50000	25.61291								
-48.00000	26.19445								
-47.50000	26.65120								
-47.00000	27.01737								
-46.50000	27.31171								
-46.00000	27.54568								
-45.50000	27.72668								
-45.00000	27.85962								
-44.50000	27.94773								
-44.00000	27.99297								
-43.50000	27.99809								
-43.00000	27.97808								
-42.50000	27.93620								
-42.00000	27.87220								
-41.50000	27.78571								
-41.00000	27.67620								
-40.50000	27.54300								
-40.00000	27.38522								
-39.50000	27.20179								
-39.00000	26.99136								
-38.50000	26.75226								
-38.00000	26.48245								
-37.50000	26.17933								
-37.00000	25.83969								
-36.50000	25.45936								
-36.00000	25.03290								
-35.50000	24.55299								
-35.00000	24.00939								
-34.50000	23.38703								
-34.00000	22.66210								
-33.50000	21.79262								
-33.00000	20.68952								
-32.50000	19.09736								
-32.00000	17.23134								
-31.50000	15.36532								
-31.00000	13.49930								
-30.50000	11.63328								
-30.00000	10.00001								
-29.50000	8.81880								
-29.00000	7.86907								

Tabelle A2-4: CNC-Daten Radprofil Typ B.

A2.4 Weiche Typ b



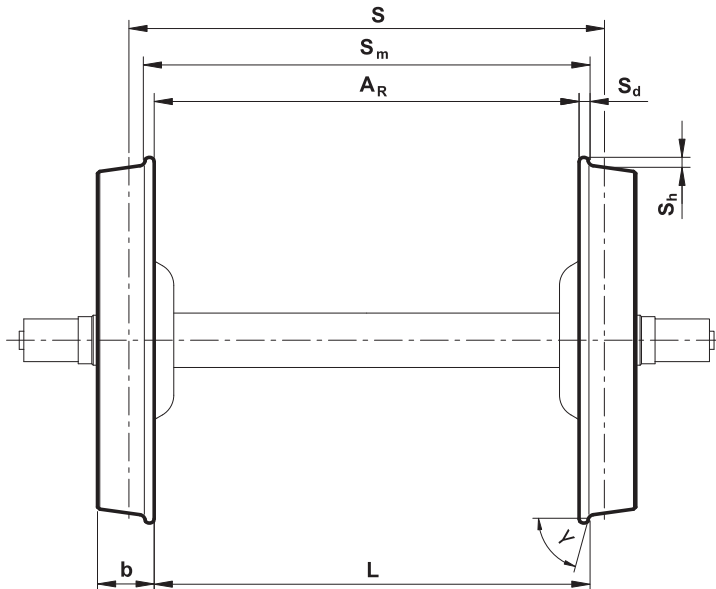
		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
s	Spurweite ^{a)}	1'003	2	-2	10	-3
a _R	Leitkantenabstand	(934)	–	–	–	–
l	Leitweite ^{b)}	971	2	0 ^{c)}	4	-2
r	Radlenkerrille	32	1	-2	2	-2
h	Herzstückrille	37	1	-1	4	-2

Abbildung A2-5: Vermessung Weiche Typ b.

- a) Nicht verbindlich im Herzstück/Radlenkerbereich.
b) Gemessen 100 mm nach der Herzstückspitze.
c) Je nach Schienenprofil in Ausnahmefällen **-1 mm** zulässig.

A3 Radsatz und Radprofil Typ C

A3.1 Radsatz Typ C – Aussenliegende Achslagerung

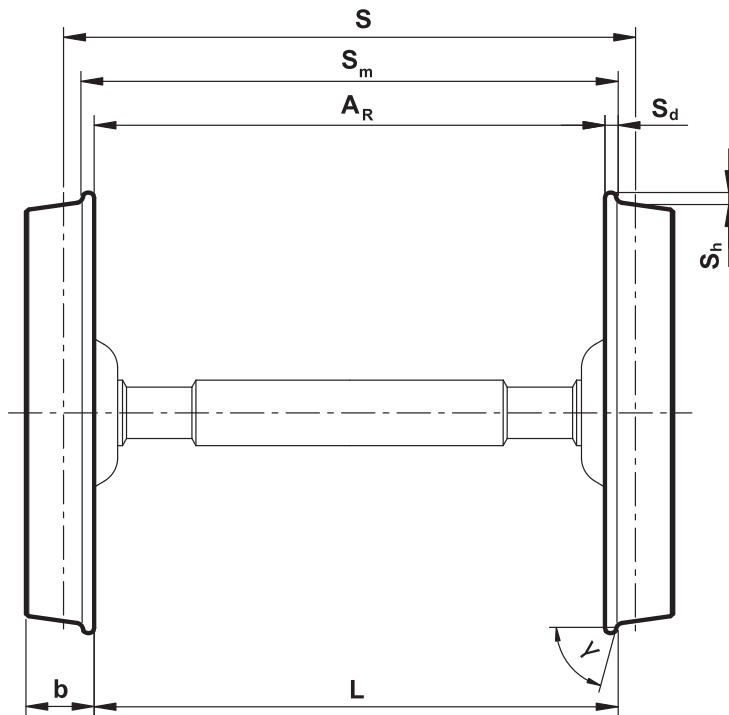


		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
S	Abstand der Messkreisebenen	(1'050)	–	–	–	–
S _m	Spurmass	980	1	c)	1 ^{b)}	-5 ^{b)}
A _R	Radrückenabstand	944	1	0	1 ^{b)}	-2 ^{b)}
L	Leitmass ^{a)}	(962)	–	–	–	–
b	Radreifen- bzw. Radkranz- breite	120	1	-1	5	-3
γ	Spurkranzflankenwinkel	75° ^{d)}	–	–	–	–
S _d	Spurkranzdicke	18	0	–	0	-2.5
S _h	Spurkranzhöhe	28	–	0	10	0

Abbildung A3-1: Vermessung Radsatz Typ C mit aussenliegender Achslagerung.

- a) Leitmass = Radrückenabstand + eine Spurkranzdicke
- b) Masse gemessen ungefähr auf Schienenhöhe.
- c) Bei Radsätzen deren Spurkränze im Betrieb dicker werden, darf eine untere Toleranz von bis zu **-3 mm** angewendet werden.
- d) Empfohlener Wert

A3.2 Radsatz Typ C – Innenliegende Achslagerung



		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
S	Abstand der Messkreisebenen	(1'050)	–	–	–	–
S _m	Spurmass	980	0	c)	1 b)	-5 b)
A _R	Radrückenabstand	944	0	-1	1 b)	-2 b)
L	Leitmass a)	(962)	–	–	–	–
b	Radreifen- bzw. Radkranz- breite	120	1	-1	5	-3
γ	Spurkranzflankenwinkel	75° d)	–	–	–	
S _d	Spurkranzdicke	18	0	–	0	-2.5
S _h	Spurkranzhöhe	28	–	0	10	0

Abbildung A3-2: Vermessung Radsatz Typ C mit innenliegender Achslagerung.

- a) Leitmass = Radrückenabstand + eine Spurkranzdicke
b) Masse gemessen ungefähr auf Schienenhöhe.
c) Bei Radsätzen deren Spurkränze im Betrieb dicker werden, darf eine untere Toleranz von bis zu **-3 mm** angewendet werden.
d) Empfohlener Wert

A3.3 Radprofil Typ C

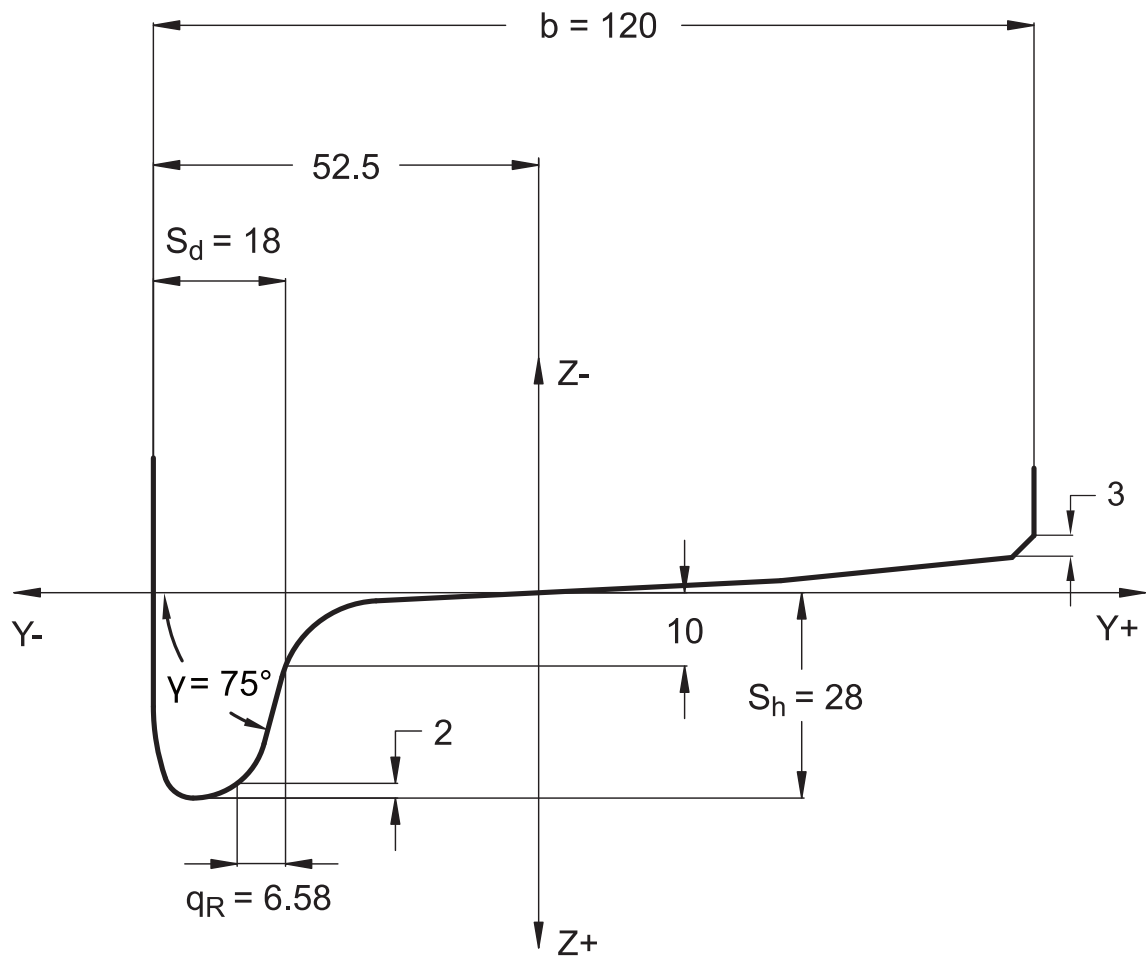
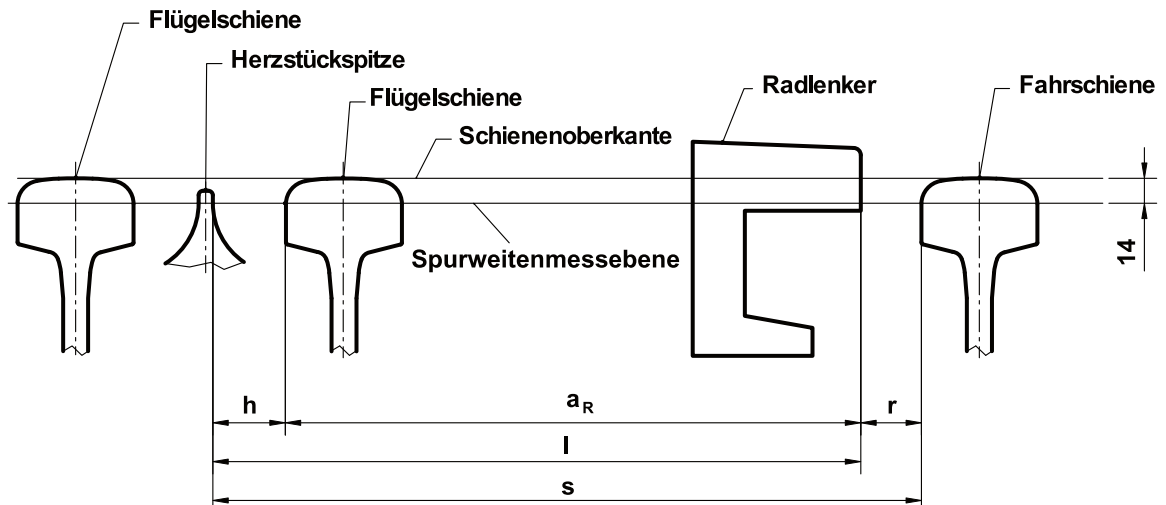


Abbildung A3-3: Radprofil Typ C (Masse in mm).

y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]
		-28.50000	2.99026	0.00000	0.00000	28.50000	-1.42500	57.00000	-4.05000
		-28.00000	2.71279	0.50000	-0.02500	29.00000	-1.45000	57.50000	-4.10000
		-27.50000	2.46119	1.00000	-0.05000	29.50000	-1.47500	58.00000	-4.15000
		-27.00000	2.23393	1.50000	-0.07500	30.00000	-1.50000	58.50000	-4.20000
		-26.50000	2.02975	2.00000	-0.10000	30.50000	-1.52500	59.00000	-4.25000
		-26.00000	1.84758	2.50000	-0.12500	31.00000	-1.55000	59.50000	-4.30000
		-25.50000	1.68652	3.00000	-0.15000	31.50000	-1.57500	60.00000	-4.35000
		-25.00000	1.54581	3.50000	-0.17500	32.00000	-1.60000	60.50000	-4.40000
		-24.50000	1.42484	4.00000	-0.20000	32.50000	-1.62500	61.00000	-4.45000
-52.50000	15.53813	-24.00000	1.32307	4.50000	-0.22500	33.00000	-1.65000	61.50000	-4.50000
-52.00000	20.99249	-23.50000	1.24009	5.00000	-0.25000	33.50000	-1.70000	62.00000	-4.55000
-51.50000	23.21928	-23.00000	1.17555	5.50000	-0.27500	34.00000	-1.75000	62.50000	-4.60000
-51.00000	24.90563	-22.50000	1.12921	6.00000	-0.30000	34.50000	-1.80000	63.00000	-4.65000
-50.50000	26.08188	-22.00000	1.10000	6.50000	-0.32500	35.00000	-1.85000	63.50000	-4.70000
-50.00000	26.73857	-21.50000	1.07500	7.00000	-0.35000	35.50000	-1.90000	64.00000	-4.75000
-49.50000	27.18830	-21.00000	1.05000	7.50000	-0.37500	36.00000	-1.95000	64.50000	-4.80000
-49.00000	27.51152	-20.50000	1.02500	8.00000	-0.40000	36.50000	-2.00000	65.00000	-5.30000
-48.50000	27.74116	-20.00000	1.00000	8.50000	-0.42500	37.00000	-2.05000	65.50000	-5.80000
-48.00000	27.89382	-19.50000	0.97500	9.00000	-0.45000	37.50000	-2.10000	66.00000	-6.30000
-47.50000	27.97836	-19.00000	0.95000	9.50000	-0.47500	38.00000	-2.15000	66.50000	-6.80000
-47.00000	27.9964	-18.50000	0.92500	10.00000	-0.50000	38.50000	-2.20000	67.00000	-7.30000
-46.50000	27.98290	-18.00000	0.90000	10.50000	-0.52500	39.00000	-2.25000	67.50000	-7.80000
-46.00000	27.94102	-17.50000	0.87500	11.00000	-0.55000	39.50000	-2.30000		
-45.50000	27.87367	-17.00000	0.85000	11.50000	-0.57500	40.00000	-2.35000		
-45.00000	27.78033	-16.50000	0.82500	12.00000	-0.60000	40.50000	-2.40000		
-44.50000	27.66025	-16.00000	0.80000	12.50000	-0.62500	41.00000	-2.45000		
-44.00000	27.51241	-15.50000	0.77500	13.00000	-0.65000	41.50000	-2.50000		
-43.50000	27.33550	-15.00000	0.75000	13.50000	-0.67500	42.00000	-2.55000		
-43.00000	27.12782	-14.50000	0.72500	14.00000	-0.70000	42.50000	-2.60000		
-42.50000	26.88721	-14.00000	0.70000	14.50000	-0.72500	43.00000	-2.65000		
-42.00000	26.61093	-13.50000	0.67500	15.00000	-0.75000	43.50000	-2.70000		
-41.50000	26.29540	-13.00000	0.65000	15.50000	-0.77500	44.00000	-2.75000		
-41.00000	25.93594	-12.50000	0.62500	16.00000	-0.80000	44.50000	-2.80000		
-40.50000	25.52626	-12.00000	0.60000	16.50000	-0.82500	45.00000	-2.85000		
-40.00000	25.05763	-11.50000	0.57500	17.00000	-0.85000	45.50000	-2.90000		
-39.50000	24.51734	-11.00000	0.55000	17.50000	-0.87500	46.00000	-2.95000		
-39.00000	23.88568	-10.50000	0.52500	18.00000	-0.90000	46.50000	-3.00000		
-38.50000	23.12901	-10.00000	0.50000	18.50000	-0.92500	47.00000	-3.05000		
-38.00000	22.17998	-9.50000	0.47500	19.00000	-0.95000	47.50000	-3.10000		
-37.50000	20.85267	-9.00000	0.45000	19.50000	-0.97500	48.00000	-3.15000		
-37.00000	19.00124	-8.50000	0.42500	20.00000	-1.00000	48.50000	-3.20000		
-36.50000	17.13522	-8.00000	0.40000	20.50000	-1.02500	49.00000	-3.25000		
-36.00000	15.26919	-7.50000	0.37500	21.00000	-1.05000	49.50000	-3.30000		
-35.50000	13.40316	-7.00000	0.35000	21.50000	-1.07500	50.00000	-3.35000		
-35.00000	11.53713	-6.50000	0.32500	22.00000	-1.10000	50.50000	-3.40000		
-34.50000	9.99999	-6.00000	0.30000	22.50000	-1.12500	51.00000	-3.45000		
-34.00000	8.86915	-5.50000	0.27500	23.00000	-1.15000	51.50000	-3.50000		
-33.50000	7.94927	-5.00000	0.25000	23.50000	-1.17500	52.00000	-3.55000		
-33.00000	7.16654	-4.50000	0.22500	24.00000	-1.20000	52.50000	-3.60000		
-32.50000	6.48347	-4.00000	0.20000	24.50000	-1.22500	53.00000	-3.65000		
-32.00000	5.87785	-3.50000	0.17500	25.00000	-1.25000	53.50000	-3.70000		
-31.50000	5.33525	-3.00000	0.15000	25.50000	-1.27500	54.00000	-3.75000		
-31.00000	4.84566	-2.50000	0.12500	26.00000	-1.30000	54.50000	-3.80000		
-30.50000	4.40179	-2.00000	0.10000	26.50000	-1.32500	55.00000	-3.85000		
-30.00000	3.99814	-1.50000	0.07500	27.00000	-1.35000	55.50000	-3.90000		
-29.50000	3.63047	-1.00000	0.05000	27.50000	-1.37500	56.00000	-3.95000		
-29.00000	3.29541	-0.50000	0.02500	28.00000	-1.40000	56.50000	-4.00000		

Tabelle A3-4: CNC-Daten Radprofil Typ C.

A4 Weiche für Mischbetrieb



		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
s	Spurweite ^{a)}	1'003	2	-2	10	-3
a_R	Leitkantenabstand	(930)	–	–	–	–
l	Leitweite ^{b)}	971	2	0 ^{c)}	4	-2
r	Radlenkerrille	32	2	-1	2	-2
h	Herzstückrille	41	1	-1	4	-2

Abbildung A4-1: Vermessung Weiche für Mischbetrieb.

- a) Nicht verbindlich im Herzstück/Radlenkerbereich.
b) Gemessen 100 mm nach der Herzstückspitze.
c) Je nach Schienenprofil in Ausnahmefällen -1 mm zulässig.