

R RTE 29500

Standardisierung Radsätze und Weichen

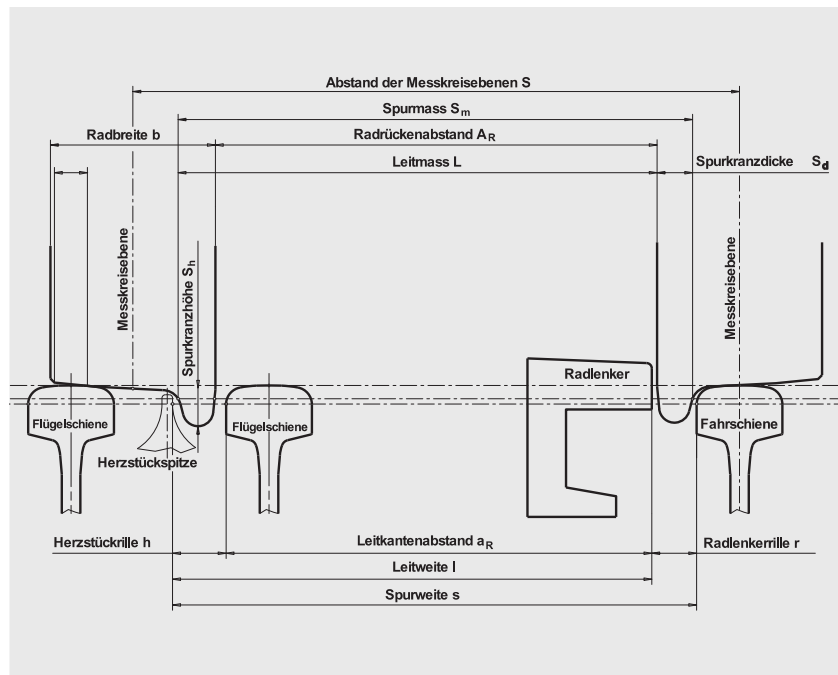
Meterspur

Entwurf für die
2. Vernehmlassung
16.06.2026

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

Christoph Lauper, Rhätische Bahn (RhB), Chur

Volkmar Walz, bis Mai 2023: Zentralbahn (zb), Stansstad; ab Juni 2023: Berner Oberlandbahn (BOB), Zweilütschinen

Lukas Schuler, Regionalverkehr Bern-Solothurn (RBS), Worblaufen

Alain Brunold, Appenzeller Bahnen (AB), Herisau

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.202x	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. 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. Oder sie 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
2.5	Studien	12
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	19
5.6	Klaffmass	19
5.7	Radrückenabstand eines Radsatzes (Stichmass)	19
5.8	Optimierung der Spurkranzhöhe	20
5.9	Minimale Radreifen- bzw. Radkranzbreite.....	21
6	Standardisierte Typen	22
6.1	Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a	22
6.2	Paarung Radsatz/Weiche Typ B/b	23
6.3	Meterspur mit Tramradprofil/Rillenschienenweiche	24
6.4	Radprofile	24
6.4.1	Radprofil Typ A	25
6.4.2	Radprofil Typ B	25
6.4.3	Radprofil Typ C	25
6.5	Instandhaltung (Zusammenspiel Rad/Schiene).....	25
6.5.1	Instandhaltung Radprofil	25
6.5.2	Instandhaltung Schienenprofil	25
6.5.3	Instandhaltung Weichen.....	25

7	Migration zum Standard	26
7.1	Bahnunternehmen ähnlich zur Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a.....	26
7.2	Bahnunternehmen ähnlich zur Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ B/b.....	26
7.3	Bahnunternehmen ohne Standard	27
7.4	Bahnunternehmen mit Rillenschienenweichen	27
7.5	Bahnunternehmen mit Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, B und C	27
7.6	Fallbeispiel für die Spurtechnische Untersuchung.....	28
8	Sonderausführungen	30
8.1	Radprofil für Mischbetrieb Strassenbahn/Vollbahn (AB).....	30
8.2	Radprofil für Mischbetrieb Trambahn/Vollbahn (LTB).....	34
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	R0 bei reduzierter Spurkranzdicke S_d	37
9.4	Abnutzung der Stockschiene.....	37
9.5	Ausbrüche an der Weichenzunge	38
10	Entgleisungssicherheit.....	39
10.1	Entgleisungssicherheit im Bereich des Zusammenwirkens von Rädern und Weichenzungen an den Weichenzungenspitzen	39
10.2	Ausbildung der Weichenzungenspitze im Neuzustand (Klaffmass)	41
10.2.1	Klaffmass bei abgesenkter Weichenzunge.....	41
10.3	Einfluss des Spurkranzflankenwinkels auf die Entgleisungssicherheit.....	43
Anhänge A1 – A4 (Allgemein).....		44
A1	Radsatz und Radprofil Typ A, Weiche Typ a	44
A1.1	Radsatz Typ A – Aussenliegende Achslagerung.....	44
A1.2	Radsatz Typ A – Innenliegende Achslagerung.....	45
A1.3	Radprofil Typ A	46
A1.4	Einfachweiche Typ a	47
A2	Radsatz und Radprofil Typ B, Weiche Typ b.....	49
A2.1	Radsatz Typ B – Aussenliegende Achslagerung.....	49
A2.2	Radsatz Typ B – Innenliegende Achslagerung.....	50
A2.3	Radprofil Typ B	51
A2.4	Einfachweiche Typ b	52
A3	Radsatz und Radprofil Typ C	54
A3.1	Radsatz Typ C – Aussenliegende Achslagerung.....	54
A3.2	Radsatz Typ C – Innenliegende Achslagerung.....	55
A3.3	Radprofil Typ C	56
A4	Einfachweiche für Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, B und C (MOB, TPF).....	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 Fahrzeugtausch 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. Sie 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 des Fahrzeugtyp, des Einsatzbereiches und der berührungsgeometrischen Interaktion erfolgen. Hierzu wird auf die Erkenntnisse der Systemführerschaft Interaktion Fahrzeug/Fahrweg (RAILplus) verwiesen.

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

Bei der Verwendung der Kombination Vignol- und Rillenschienen ist die Befahrbarkeit der Weichen mit den jeweilig verwendeten Radprofilen zu überprüfen. 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 13715	Bahnanwendungen - Radsätze und Drehgestelle - Räder - Radprofile	Ausgabe 2020
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

UIC 510-2	Wagen. Bedingungen für die Verwendung von Rädern verschiedener Durchmesser in Laufwerken unterschiedlicher Bauart	4. Ausgabe, Oktober 2002
UIC 716	Maximal zulässige Abnutzungsprofile für Weichen	2. Ausgabe, Mai 2004

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
-----	---	-------------------

2.5 Studien

Diplomarbeit HTW Dresden	Untersuchungen zur Übertragung der Ergebnisse aus ORE C 70 auf die Meterspurbahn der Schweiz, Thomas Kiessner, Udo Ritscher	Feb 2006
RAILPlusSF-00028	Spurkranz schwächen	Ausgabe ^{a)} 09.12.2023
RAILPlusSF-00005	Auswirkungen unterschiedlicher Raddurchmesser bei der Interaktion Radsatz bzw. Radprofil im Be- reich der Herzstücke von doppelten Bogenkreu- zungsweichen (DKW)	Ausgabe ^{a)} 17.03.2023

a) <https://www.railplus.ch/de/stemf%C3%BChrerschaft-interaktion/know-how/gesamtliste-der-dokumente>

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
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 Normen und damit der international üblichen Terminologie.

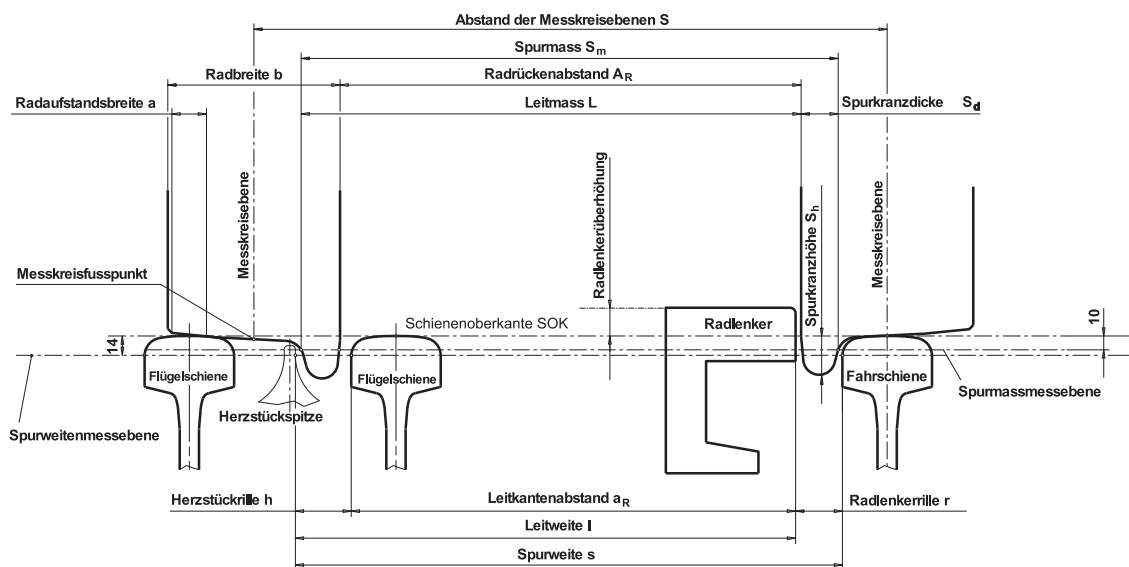


Abbildung 3-1: Schnitt eines Radsatzes in einer Weiche.

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	Epaisseur 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

Folgende **Schienen- und Radlenkerprofilbezeichnungen** werden üblicherweise bei den Meterspurbahnen verwendet.

Profilbezeichnung	Bezeichnung gemäss EN-Norm	EN-Norm
SBB I	46E1	SN EN 13674-1
SBB IV	54E2	SN EN 13674-1
VST 36 / SBB V	36E3	SN EN 13674-4
Ri 60	60R1	SN EN 14811
RISBB	–	–
U69, UIC33, RL 1-60	33C1	SN EN 13674-3

Tabelle 3-3: Schienen- und Radlenkerprofilbezeichnungen (nicht abschliessend)

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.

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 und nicht Bestandteil dieser RTE-Regelung sind. So z.B. beim Festlegen von maximal zulässigen Geschwindigkeiten über den Hauptstrang der Weichen.

5 Hauptabmessungen bei Radsätzen und Weichen

Werden die angegebenen Toleranzen einzelner Werte ausgereizt, kann dies dazu führen, dass andere Toleranzen eingeschränkt werden müssen, damit Werte, die aus Summentoleranzen gebildet werden, nicht verletzt werden oder bestimmte Bedingungen verletzt werden:

Radsatztyp		Leitweite l	$l = s - r$
A	nominell	965	1'003-38 = 965
	max	969	1'013-36 = 977
	min	963	1'000-40 = 960

Tabelle 5-1: Beispiel Summentoleranz

Dies ist umso wichtiger für das Mass a_R , bei dem keine eigenen Toleranzen angegeben werden, es jedoch für eines in Abschnitt 5.2 aufgeführten Kriterien herangezogen wird.

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 bzw. aufsteigt. 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).

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 Weichenzungenspitze 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. Wenn sich die Weichenzungen im Bereich von Gleisbögen befinden, entstehen zusätzlich hohe Einzelradkräfte waagrecht/quer, was am vorlaufenden 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 Absenkung der Zungenspitze 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 Weichenzungenspitze von der Stockschiene auch unter Einwirkung der Führungskräfte) 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 $R < 150$ m direkt an eine Weiche mit gleichgerichteter Ablenkung an (Grundform oder Bogenweiche), so gelten bezüglich der Masse an der Weichenzungenspitze (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 zwi-

schen Brutto- und Nettolast sind die Beladezustände (Taralast) 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 (dies gilt auch für die Spurmasse und den Radrückenabstand). Als Optimierungskriterium gilt der Nachweis der Befahrbarkeit von doppelten Herzstücken in gebogenen 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 generell zu überprüfen, wenn eines der folgenden Kriterien erfüllt ist:

- Diese in gekrümmten Trassierungsbereichen liegen.
- Der Raddurchmesser < 760 mm beträgt.
- Der Durchschneidungswinkel $< 1:7$ ist.
- Die Radlenkerüberhöhung < 20 mm misst.
- Wenn neue Laufwerksbauarten eingesetzt werden.

In diesen Fällen ist die sichere Befahrbarkeit nachzuweisen. Für die Nachweisführung stehen die Erkenntnisse der Systemführerschaft Interaktion Fahrzeug/Fahrweg Meterspur zur Verfügung (Untersuchungsbericht RAILPlusSF-00005).

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!).

Der Einbau von Weichen mit gekrümmten Doppelherzstücken ist zu vermeiden.

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 den verschiedenen Varianten in Kapitel 7 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
BLM	ganzes Meterspurnetz
BOB	ganzes Meterspurnetz
CJ	ganzes Meterspurnetz
GGB	ganzes Meterspurnetz
JB	ganzes Meterspurnetz
MBC	ganzes Meterspurnetz
MGB	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 7.3, Umbauschritte 1 und 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 (Radlenkerüberhöhung 20 mm) Stoffelbach – Dietikon (gemeinsame Infrastruktur mit LTB; Trambetrieb)
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 – Unterzollikofen Worblaufen – Worbboden Worbboden (Werkstatt) – Worb Dorf (Mitbenutzung BERNMOBIL)
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	Altstetten – 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 Migration)
BVB	ganzes Meterspurnetz (keine Migration)
FB	Rehalp – Esslingen (keine Migration)
RBS	Egghölzli – Worb Dorf (keine Migration; Mitbenutzung BERNMOBIL)
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

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 äusseren 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 von entsprechend behandelten Spurkränzen ist über mehrere Reprofilierungsintervalle 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 massgebenden Toleranzen eingehalten sind.

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.

6.5.3 Instandhaltung Weichen

In der D RTE 22556 und der R RTE 22566 ist die Instandhaltung von Weichen 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 die Weiche für 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 in den Abschnitten 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 entspricht 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 Auflistung in Tabelle 6-1, welche einen Zustand ähnlich zur Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a aufweisen, können mit den vorhandenen Radsätzen und Weichen zur Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a bei Fahrzeugen und Oberbau übergehen.

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

Die Meterspurbahnen gemäss Auflistung in Tabelle 6-2, welche einen Zustand ähnlich zur Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ B/b aufweisen, 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 Umbau auf Weichen Typ a darf erst erfolgen, wenn ausschliesslich Radsätze Typ A oder C im Einsatz sind.

Dabei ist zusätzlich das Fallbeispiel in Abschnitt 7.6 mit einzubeziehen.

7.3 Bahnunternehmen ohne Standard

Die Meterspurbahnen gemäss Auflistung in Tabelle 6-2, welche noch keinen Standard eingeführt haben, 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.
5. Ein 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 ist, 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 Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, B und C

Die Meterspurbahnen mit Weichen für Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, B und C (MOB, TPF), können die Standard-Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a bei Fahrzeugen und Oberbau nur unter Beachtung von folgerichtigen Umbauschritten erreichen:

1. Ersatz der Radsätze, die nicht dem Typ A oder dem Typ C entsprechen.
2. Ein 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. Sind Doppelkreuzungsweichen auf dem Streckennetz vorhanden ist diese Migration nicht möglich. 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 in 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	System Paarung Radsatz/Weiche Typ A/a ^{a)}	Überprüfung bestehende Radsätze mit angepassten Weichen	
		Radsatzvariante 1	Radsatzvariante 2
Radrückenabstand A_R	935	942	944
Spurkranzdicke S_d	27	26	25
Leitmass $L = A_R + S_d$	962	968	969
Leitweite l	965	970	970
Bedingung $l > L$	965 > 962 erfüllt	970 > 968 erfüllt	970 > 969 erfüllt
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
Bedingung $A_R > a_R$	935 > 924 erfüllt	942 > 929 erfüllt	944 > 929 erfüllt
Bedingung $r > S_d$	33 > 27 erfüllt	33 > 27 erfüllt	33 > 25 erfüllt

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.

Wenn die Bedingungen $l > L$, $A_R > a_R$ und $r > S_d$ erfüllt sind können Radsätze mit einem A_R -Mass von 942 mm bzw. 944 mm Weichen vom Typ a befahren Diese Massnahme hat jedoch ein vermehrtes Anlaufen am Radlenker und am Radrücken 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/Radrücken zu verhindern. Bei der Anwendung dieser Massnahme muss geprüft werden, ob der Spurkranz für diese Anpassung geeignet ist. Dazu kann das Dokument «Spurkranz schwächen» der Systemführerschaft Interaktion Fahrzeug/Fahrweg Meterspur herangezogen werden (Untersuchungsbericht RAILPlusSF-00028).

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 sollten die neuen und bestehenden Fahrzeuge 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 Fahrzeuge 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. Wenn das nicht möglich ist, 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 die Spurkranzhöhe vorhanden ist. Zu berücksichtigen ist, dass wegen Lauflflächenverschleiss neue Grenzmasse bei der Spurkranzhöhe erforderlich sein können.
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. Später wurden für einen freizügigeren Einsatz der Fahrzeuge auch auf der Strecke Appenzell – Wasserauen die Radlenker auf 30 mm Höhe über SOK gesetzt.

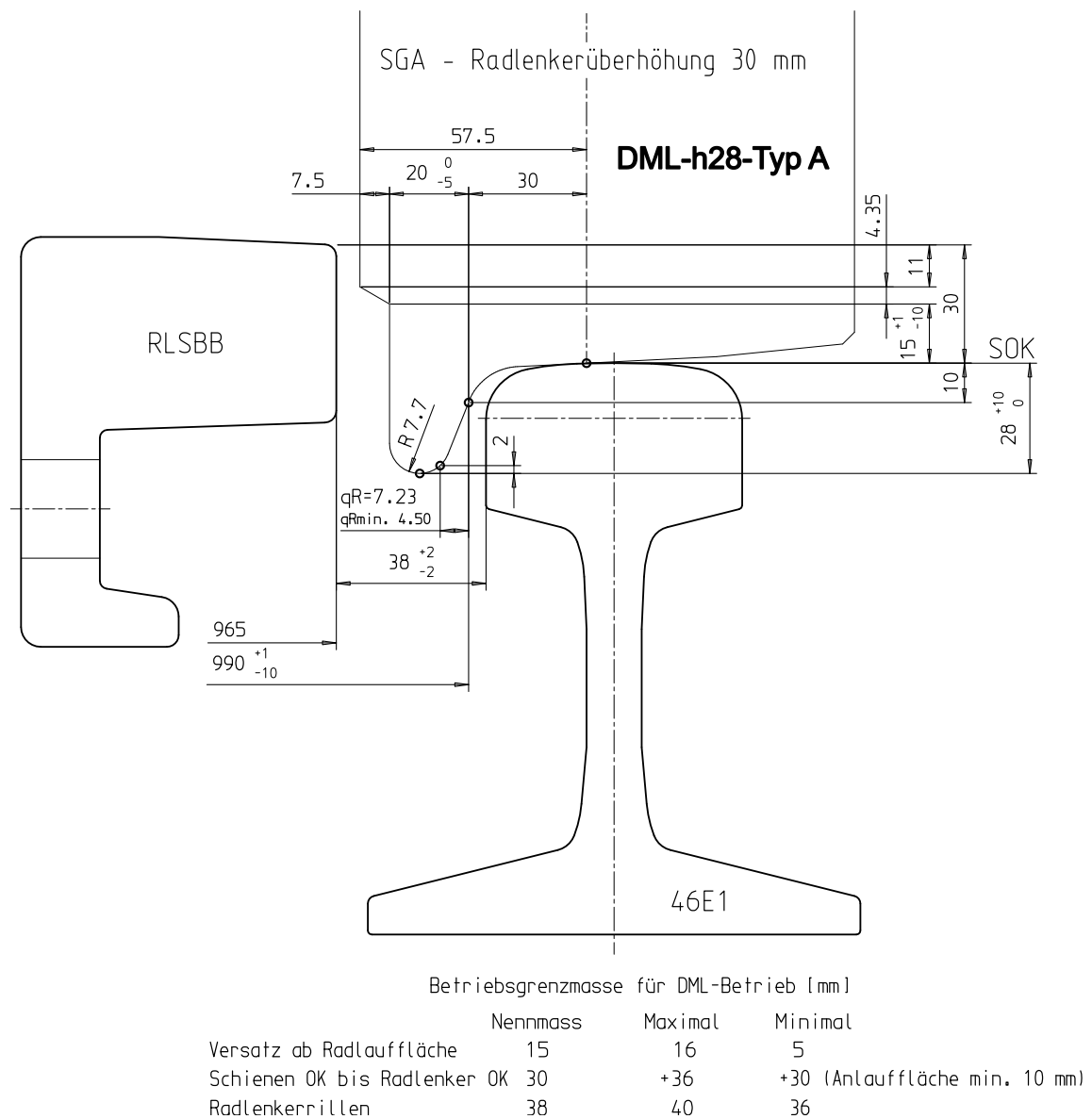
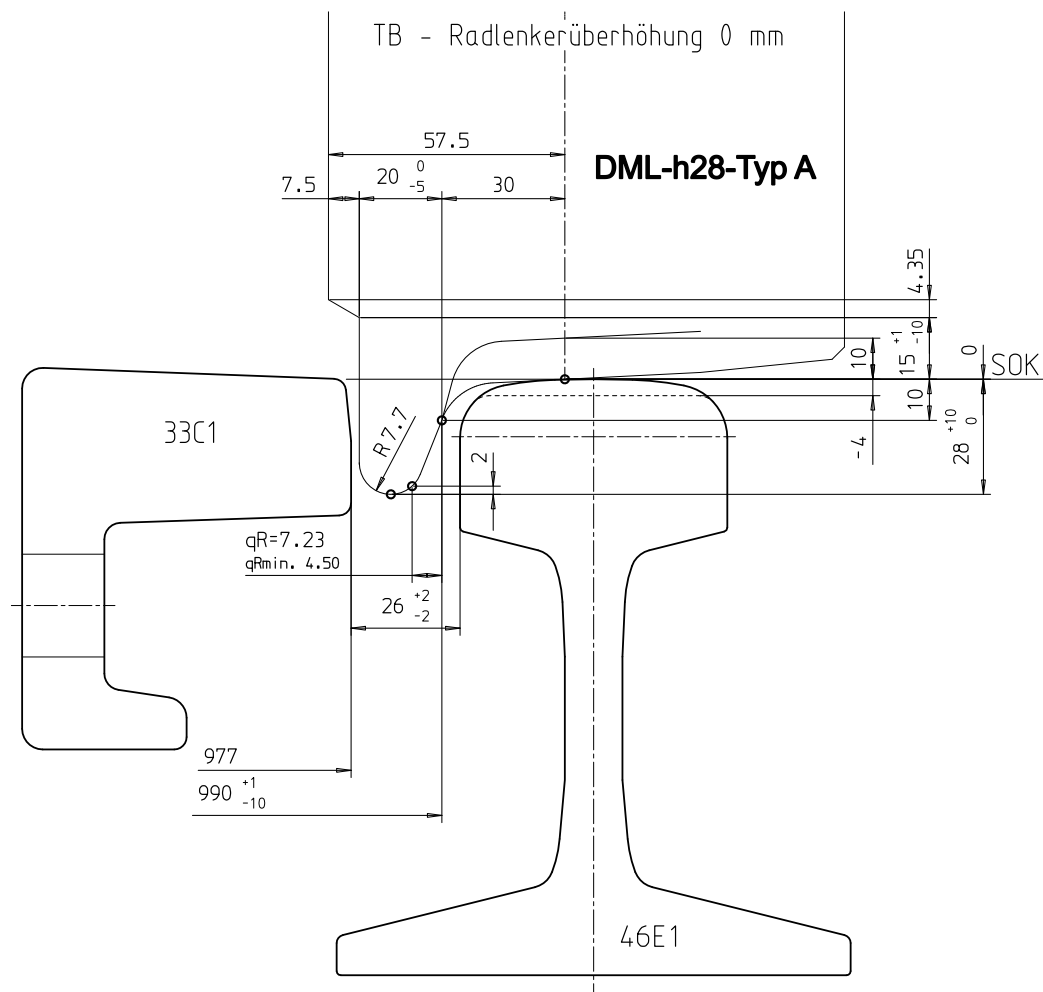


Abbildung 8-1: Zusammenspiel zwischen Mischradprofil «DML-h28-Typ A» und überhöhtem Radlenker im Vollbahnbetrieb.



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» und Radlenker auf SOK im Strassenbahnbetrieb.

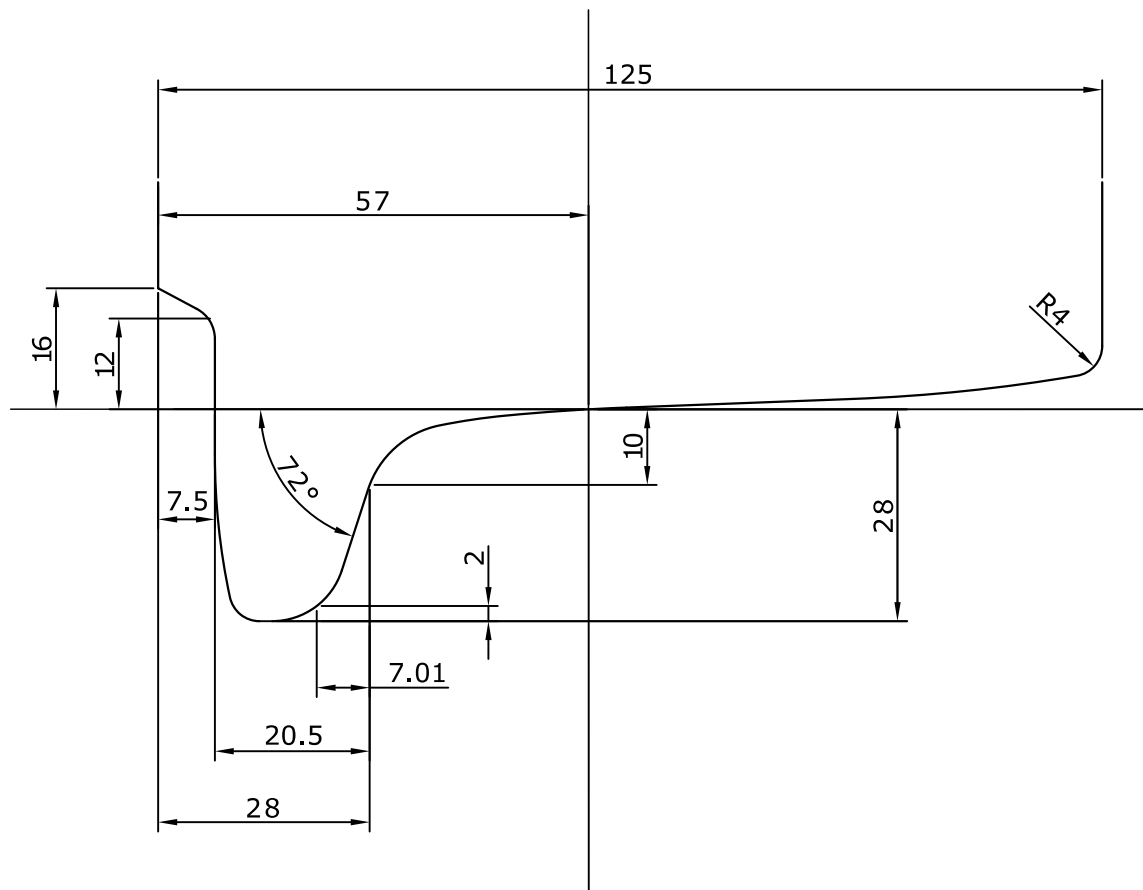


Abbildung 8-3: Kontur des Mischradprofils «DML-h28-Typ A» (Karlsruher Modell). Dieses ermöglicht das Befahren von Rillenschienen Ri 60 (Rille 36 mm) und Weichen Typ a.

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 unter Berücksichtigung der geringeren Zungenabsenkung stärker 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.

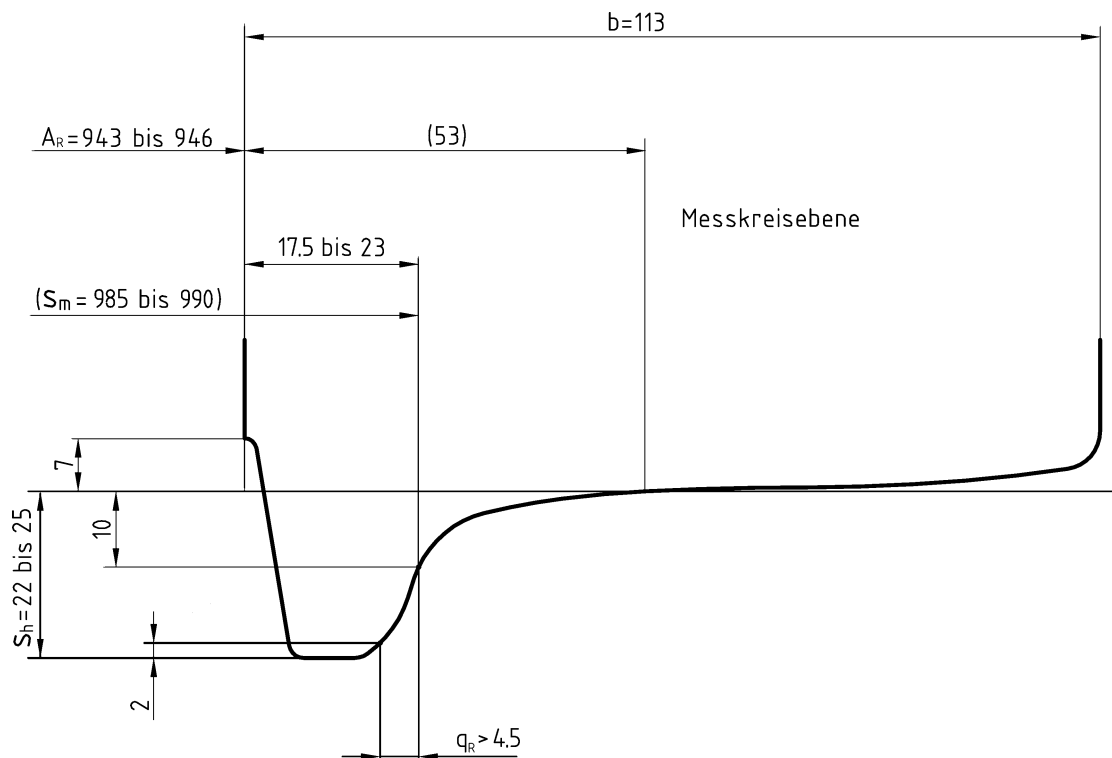


Abbildung 8-4: Mischradprofil «LTB-h23-Typ B» (Karlsruher Modell) ermöglicht, dass befahren von Rillenschienen Ri 60 (Rille 36 mm) und Weichen Typ b.

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.

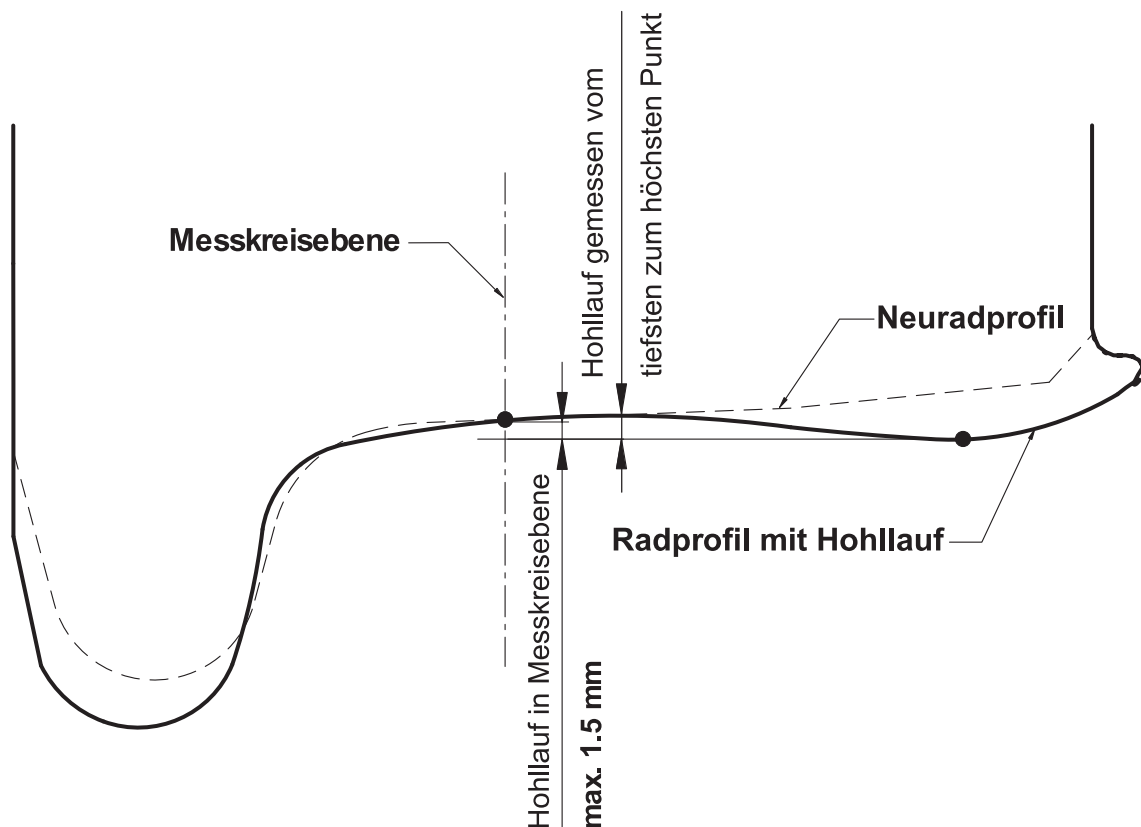
Diese für den Mischbetrieb entwickelte Weiche hat ein reduziertes Spiel A_R/a_R , wodurch sowohl Radsätze Typ A als auch Radsätze Typ B verkehren können (Vermassung der Einfachweiche siehe Anhang A4).

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 er 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 9-1 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 (bei Klotzbremsen).
- 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 durch die HTW Dresden durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass es sich bei den Radprofilen, welche Eingang in die R RTE 29500 gefunden haben (Radprofil Typ A, Typ B und Typ C), nicht um verschleissangepasste Radprofile handelt. Massgebend bei den Untersuchungen der HTW Dresden war ein Teilbereich 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.

Im Rahmen der Systemführerschaft Interaktion Fahrzeug/Fahrweg Meterspur wurden zwei Radprofile (Typ A und Typ B) entwickelt, die ein Verschleissprofil aufweisen. Diese Radprofile können unter Berücksichtigung der von der Systemführerschaft erarbeiteten Vorgehensweise bei Meterspurbahnen eingesetzt werden. Diese Radprofile sind für die Interaktion mit dem Schienenprofil SBB I (46E1) bei den nominalen Schieneneigungen 1:40 bis 1:20 optimiert.

Verschleissradprofile

Radprofil Typ A: RAILplus_v1A/28.3/25

Radprofil Typ B: RAILplus_v1B/28.3/20

Legende:

v1 = Version des Radprofils

A bzw. B = Radprofil-Typ gemäss R RTE 29500

28.3 = Spurkranzhöhe [mm]

25 bzw. 20 = Spurkranzdicke [mm]

9.3 R0 bei reduzierter Spurkranzdicke S_d

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.

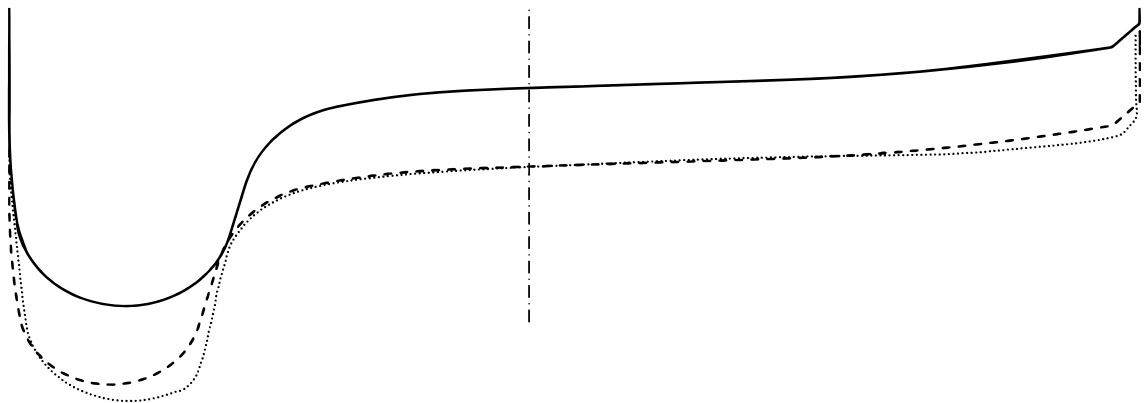


Abbildung 9-2: Erhöhung der Rad-Laufleistung durch Verwendung einer reduzierten Spurkranzdicke.

9.4 Abnutzung der Stockschiene

Durch die Abnutzung der Stockschiene verändert sich die relative Lage zur Weichenzungen spitze sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung. Durch die verschiedenen Verschleissformen ergeben sich für ein konstantes Klaffmass q_g unterschiedliche Funktionswerte q_{wz} . Die horizontale Abnutzung kann durch Korrektur des Klaffmasses und die Vertikale durch Korrektur der Zungenabsenkung kompensiert werden.

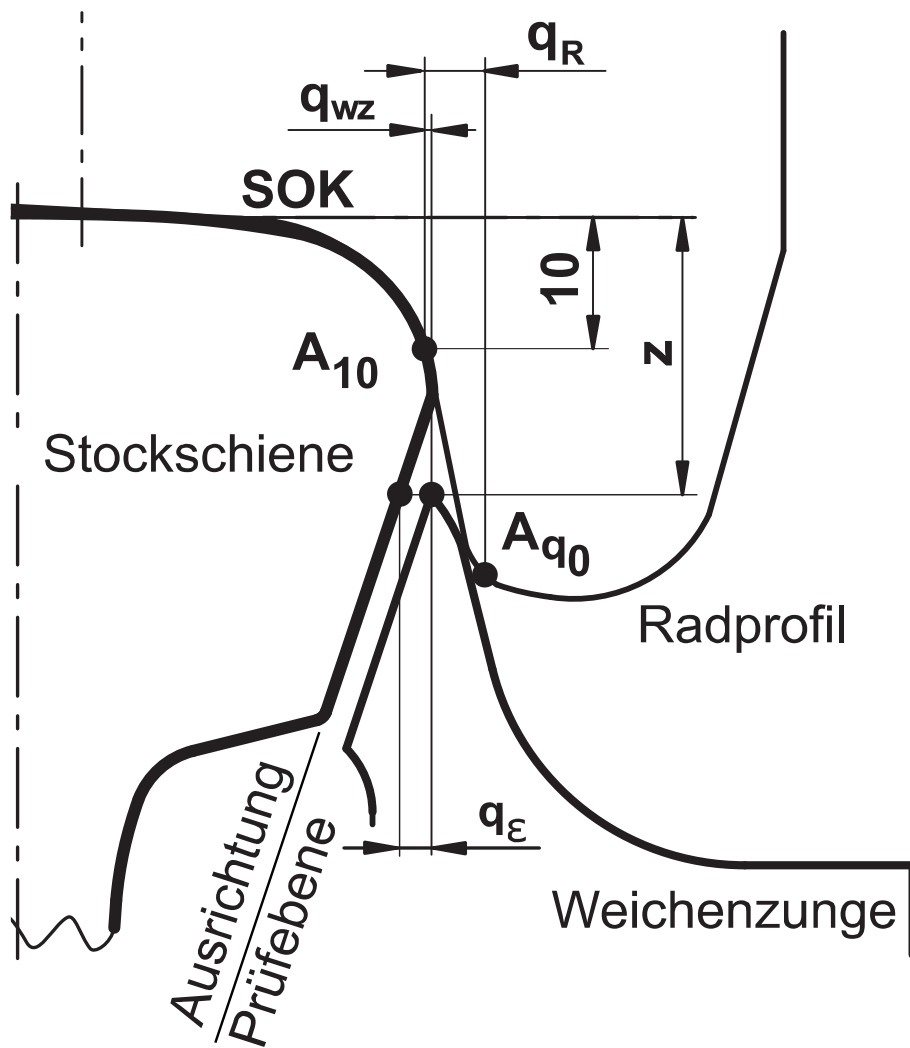


Abbildung 9-3: Zusammenhang der Punkte A_{10} , A_{q0} sowie der Masse q_{wz} , q_{ϵ} und q_R an der Weichenzungenspitze.

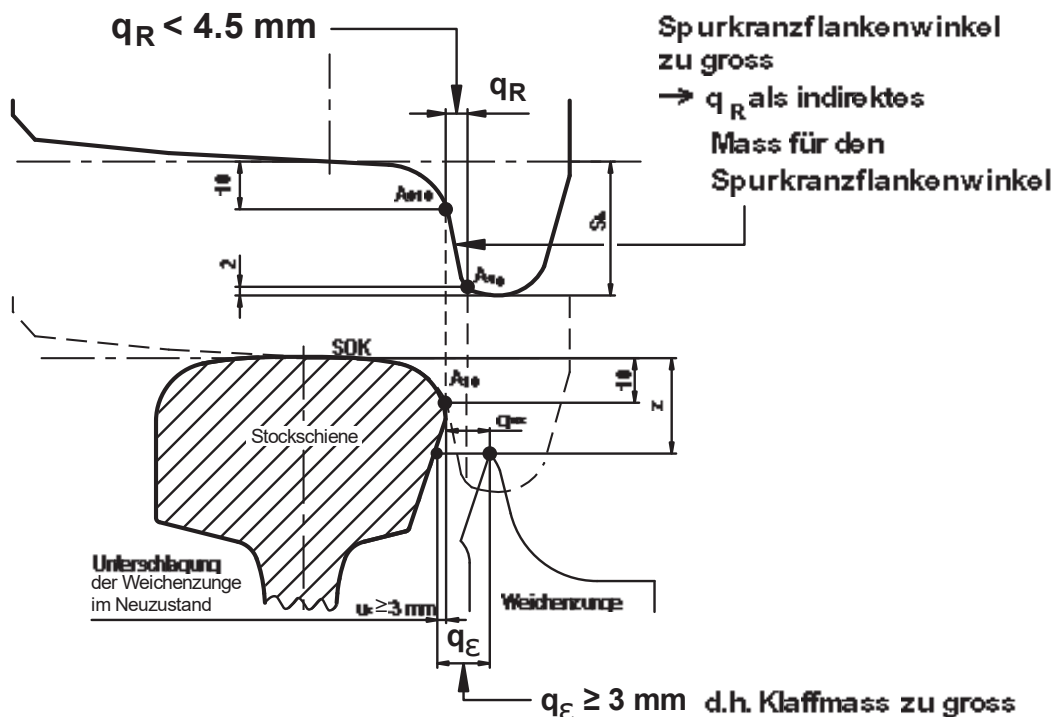
9.5 Ausbrüche an der Weichenzunge

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

10 Entgleisungssicherheit

10.1 Entgleisungssicherheit im Bereich des Zusammenwirkens von Rädern und Weichenzungen an den Weichenzungenspitzen

Entgleisungsgefahr hoch, wenn
zu grosser Spurkranzflankenwinkel (q_R zu klein)
oder zu grosses Klaffmass (q_E zu gross)



Querschnitt am Zungenanfang

Aufsteigen des Spurkranzes auf der Weichenzungenspitze

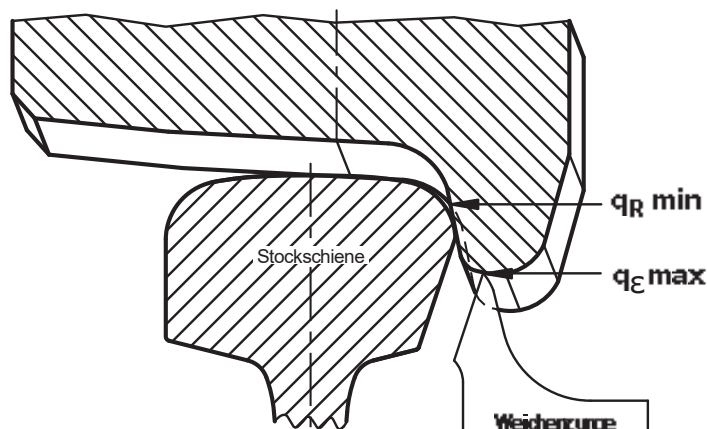


Abbildung 10-1: Entgleisungssicherheit im Bereich des Zusammenwirkens von Rädern und Weichenzungen an den Weichenzungenspitzen.

Nach dem zugrundeliegenden System ORE C 70 (Entgleisungssystem an der Weiche: Zungenspitze und Ausbrüche insbesondere in der Bogenweiche) hängt die sichere Befahrbarkeit der Weichen wesentlich von der relativen Lage der Weichenzungenspitze 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 verriegelt die Zunge an der Stockschiene. Die Querlage der Zunge zur Stockschiene kann dabei nur über den Weichenverschluss gewährleistet 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 an der Weichenzungenspitze vorgenommen werden. Mit der Zungenkontroll-Lehre 1 (gemäss D RTE 22556) wird sichergestellt, dass das Funktionsmass q_{wz} bedingungsgemäss ist.

Beurteilungsgrösse [mm]		Radsatz			Bemerkung
		Typ A	Typ B	Typ C	
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	Derselbe Wert dieses Masses wird auch senkrecht zur Ausrichtung der Prüfebene mit den Fühlerlehren angewendet (siehe D RTE 22556)
z	max	25	25	25	
	min	20	20	20	

Tabelle 10-2: Querschnitt an der Weichenzungenspitze

10.2 Ausbildung der Weichenzungenspitze im Neuzustand (Klaffmass)

Im Bereich der Weichenzungenspitzen 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 Befahren einer Weiche gegen die Spitze ist einem allfälligen Aufsteigen des Rades an der Zunge grösste Beachtung zu schenken.

Für die Entgleisungssicherheit spielt die Auslegung der Weichenzungenspitze in Verbindung mit dem Klaffmass eine bedeutende Rolle. Es gibt Anwendungen mit abgesenkter Weichenzunge und Spezialanwendungen mit einer hochgezogenen Zunge.

Bei Abweichungen im Bereich der Anbindung der Zungenspitzen an die Stockschiene ist die R RTE 29500 nicht abwendbar. Im Falle derartiger Abweichungen ist ein Vorgehen nach den Erfahrungen der entsprechenden Bahnen unter besonderer Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten zu wählen.

10.2.1 Klaffmass bei abgesenkter Weichenzunge

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 Abstand zwischen der Stockschiene und der Weichenzunge. Das Klaffmass q_{ϵ} wird an der Weichenzungenspitze gemessen. Alle hier aufgeführten Masse sind parallel zur Ebene der SOK definiert.

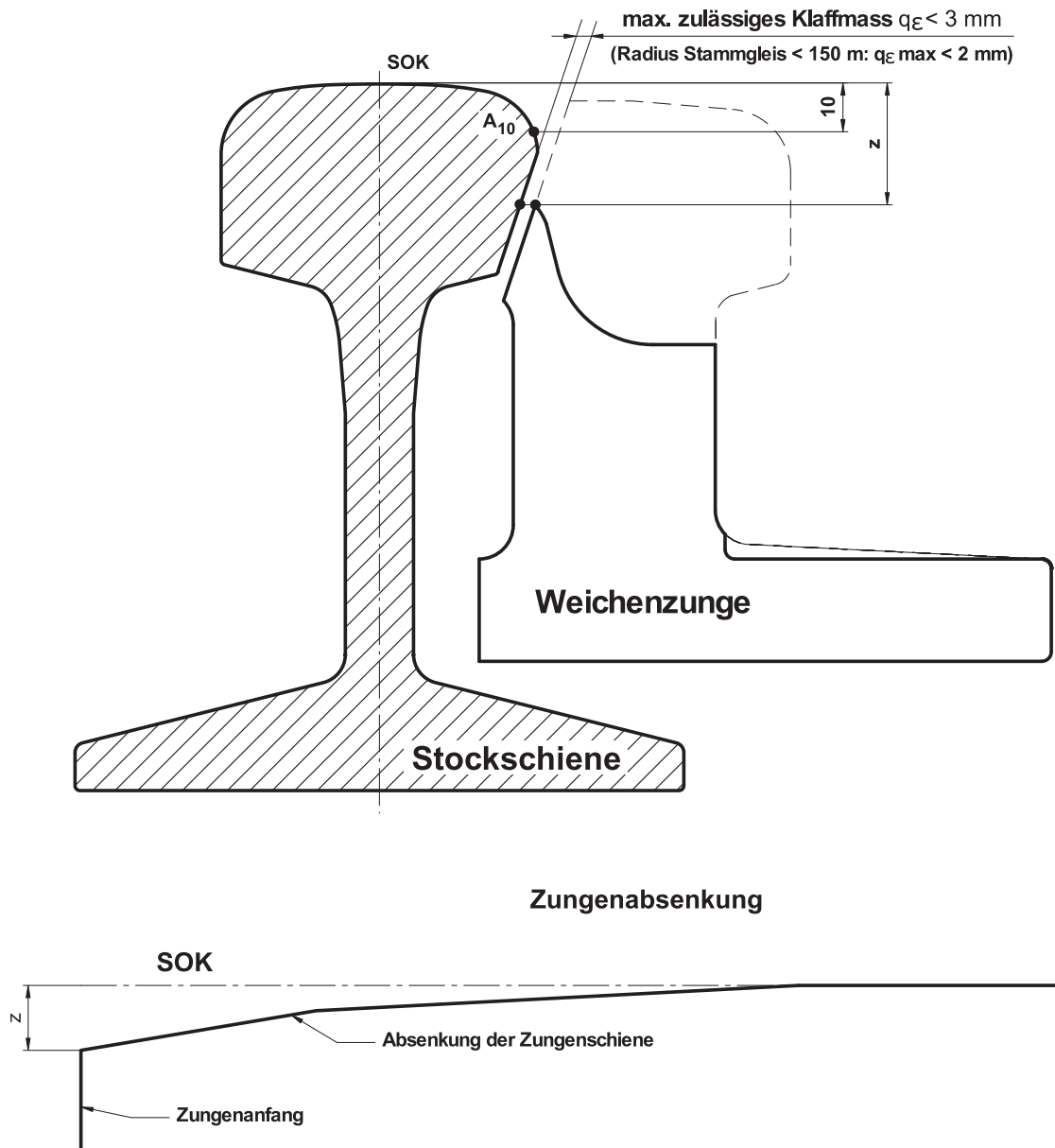


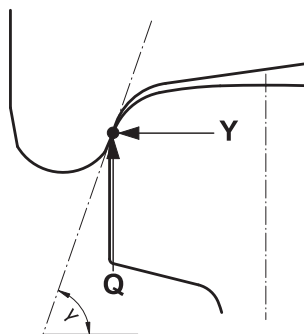
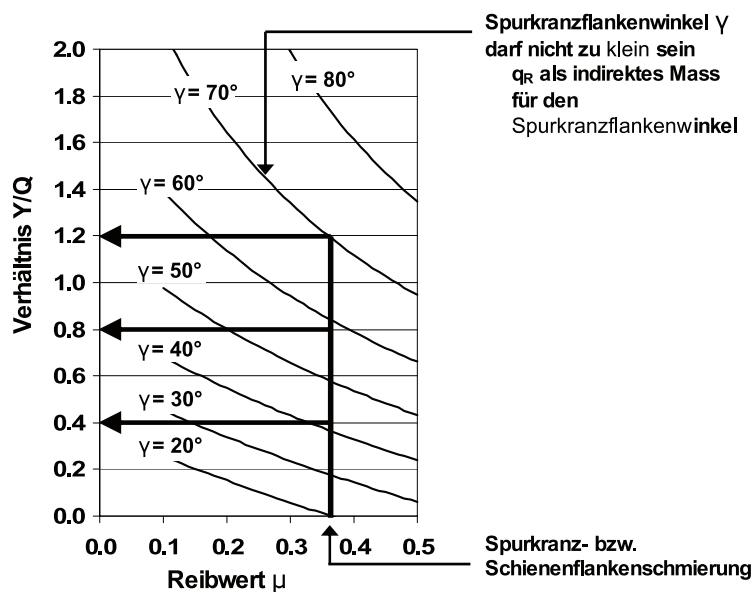
Abbildung 10-2: Klaffmass bei abgesenkter Weichenzunge an der Weichenzungenspitze.

10.3 Einfluss des Spurkranzflankenwinkels auf die Entgleisungssicherheit

Der Spurkranzflankenwinkel γ beeinflusst die Entgleisungssicherheit der Fahrzeuge maßgebend. Der maximale Quotient von Querkraft und Radaufstandskraft (Y/Q) eines vorlaufenden bogenäusseren Rades wird als Beurteilungsgrösse für die Wahrscheinlichkeit einer Entgleisung infolge des Aufkletterns eines Spurkranzes benutzt. Die Verwendung des Quotienten von Querkraft und Radaufstandskraft (Y/Q) wurde erstmals von Nadal im Jahr 1908 vorgeschlagen und wird seitdem weltweit von vielen Bahnen benutzt. 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 bogenausen 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 UIC 510-2
 Vollbögen: $Y/Q \leq 0.8$ nach SN EN 14363
 Verwindungsentgleisung: $Y/Q \leq 1.2$ nach SN EN 14363



Formel von Nadal

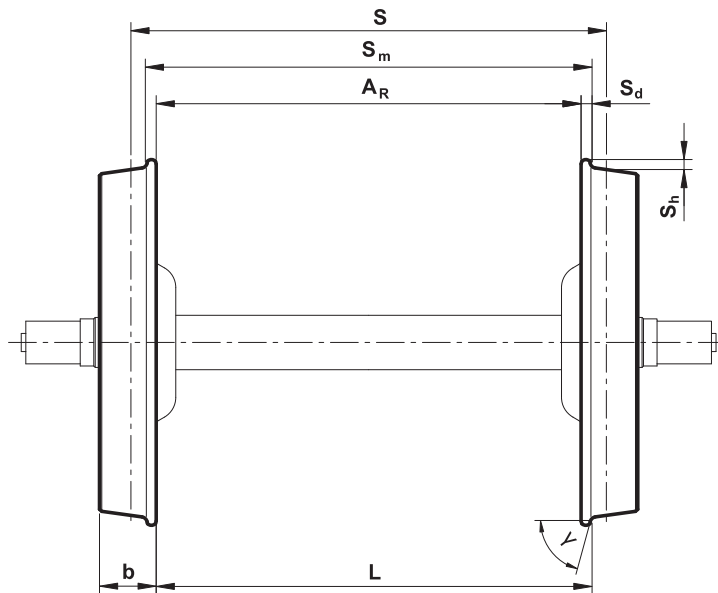
$$\frac{Y}{Q} = \frac{\tan(\gamma) - \mu}{1 + \mu \cdot \tan(\gamma)}$$

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

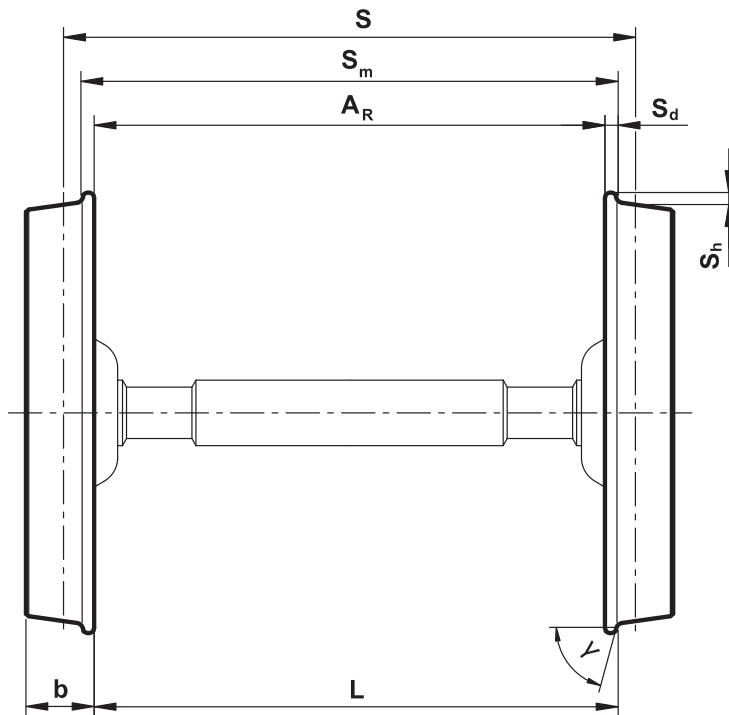


		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
S	Abstand der Messkreisebenen	(1'050)	–	–	–	–
S _m	Spurmass	989	1	d)	1 c)	-14 c)
A _R	Radrückenabstand	935	1	0	1 c)	-2 c)
L	Leitmass a)	(962)	–	–	–	–
b	Radreifen- 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: Vermassung 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

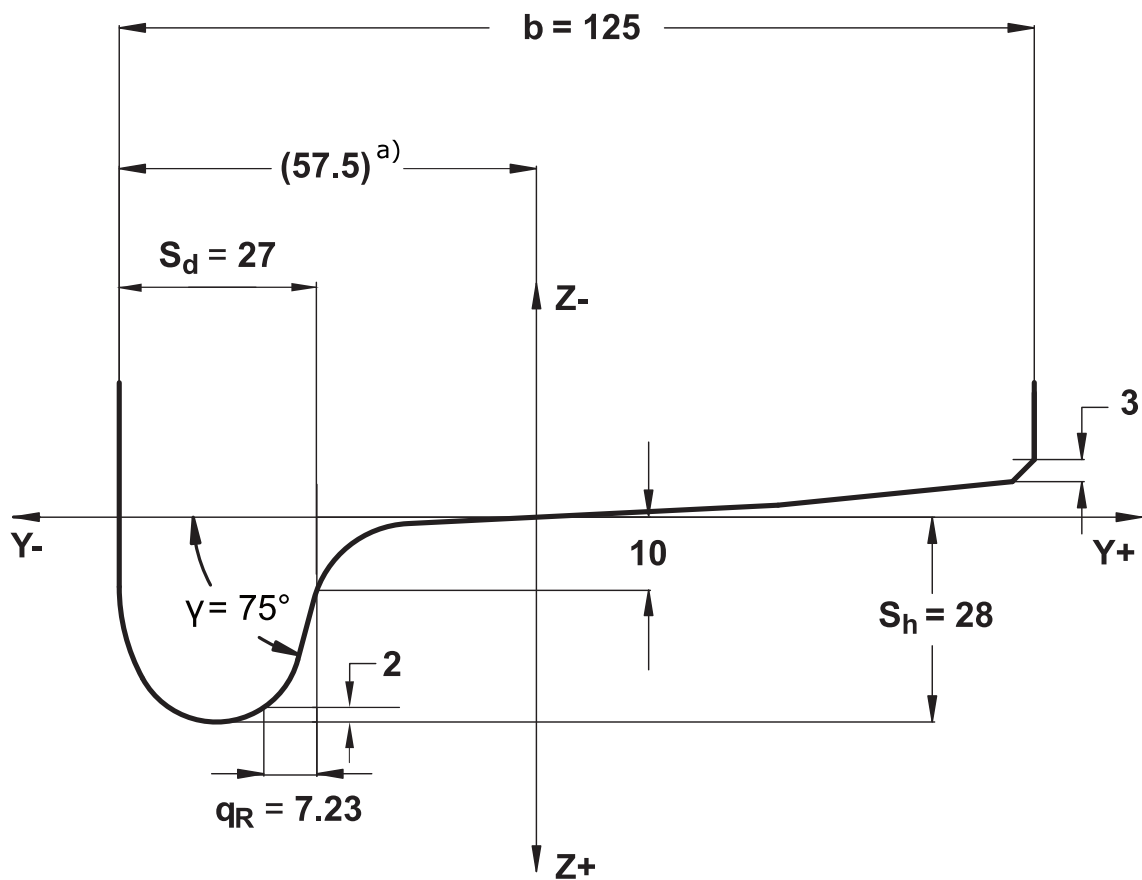
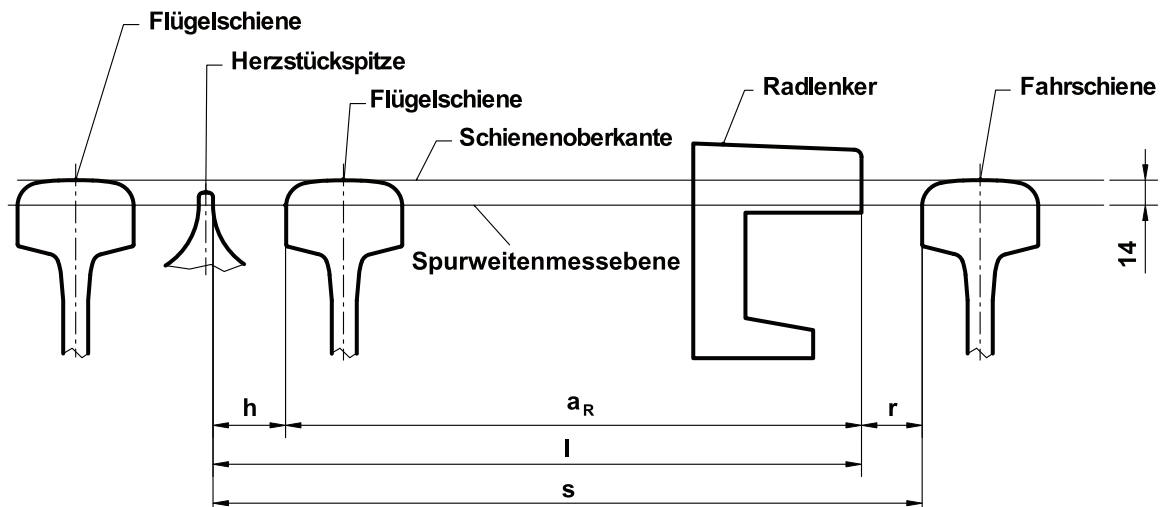


Abbildung A1-3: Radprofil Typ A (Masse in mm).

a) Geringfügige Abweichung bezüglich der Lage der Messkreisebene vom Mass 57.5 ist zulässig.

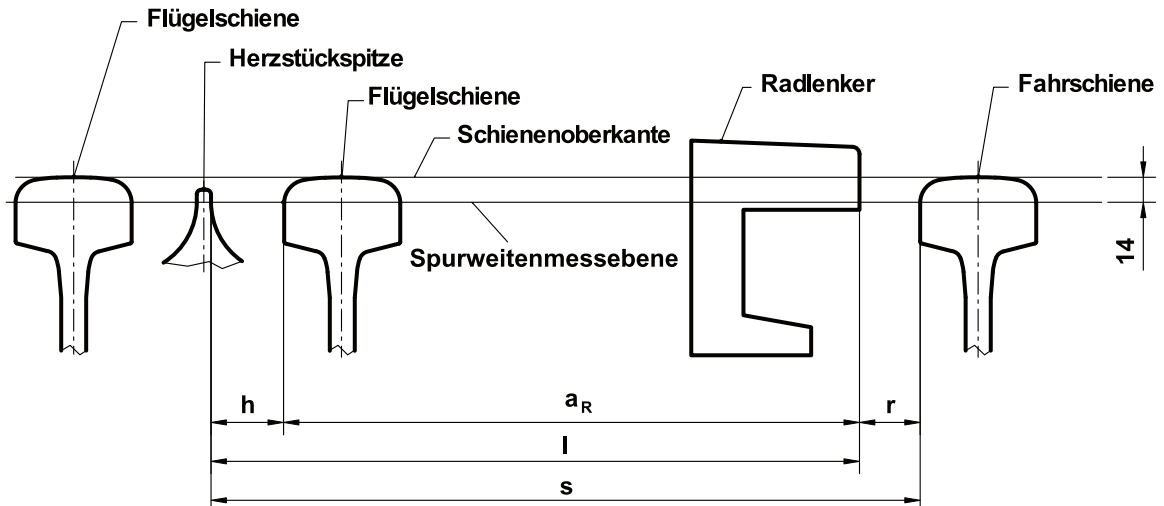
A1.4 Einfachweiche Typ a



		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 Einfachweiche Typ a mit Schienenprofil SBB I (46E1).

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



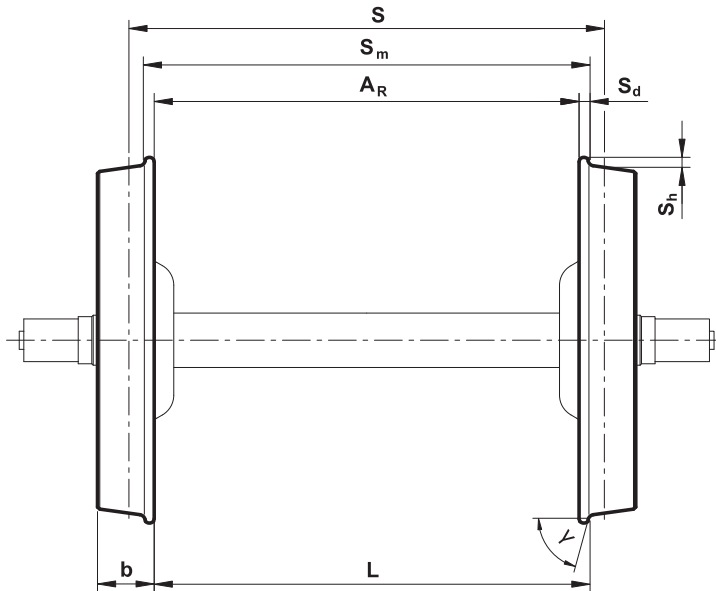
		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
s	Spurweite ^{a)}	1'003	2	-2	10	-3
a _R	Leitkantenabstand	(924)	–	–	–	–
l	Leitweite ^{b)}	965	2	0 ^{c)}	4	-2
r	Radlenkerrille	38	1	-2	2	-2
h	Herzstückkrille	41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

Abbildung A1-6: Vermessung Einfachweiche Typ a mit Schienenprofil SBB IV (54E2).

- 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

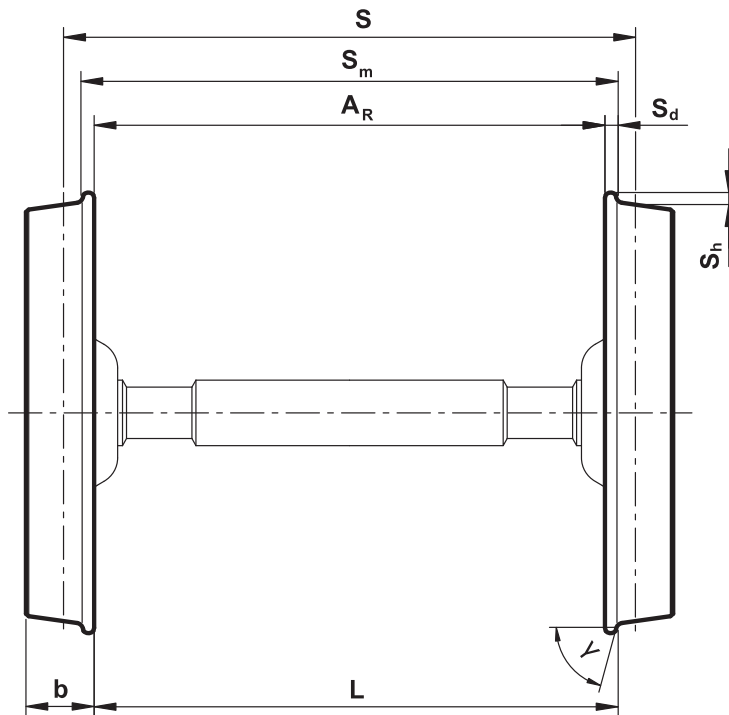


		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
S	Abstand der Messkreisebenen	(1'050)	–	–	–	–
S _m	Spurmass	989	1	d)	1 ^{c)}	-14 ^{c)}
A _R	Radrückenabstand	944	1	0	1 ^{c)}	-2 ^{c)}
L	Leitmass ^{a)}	(966.5)	–	–	–	–
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

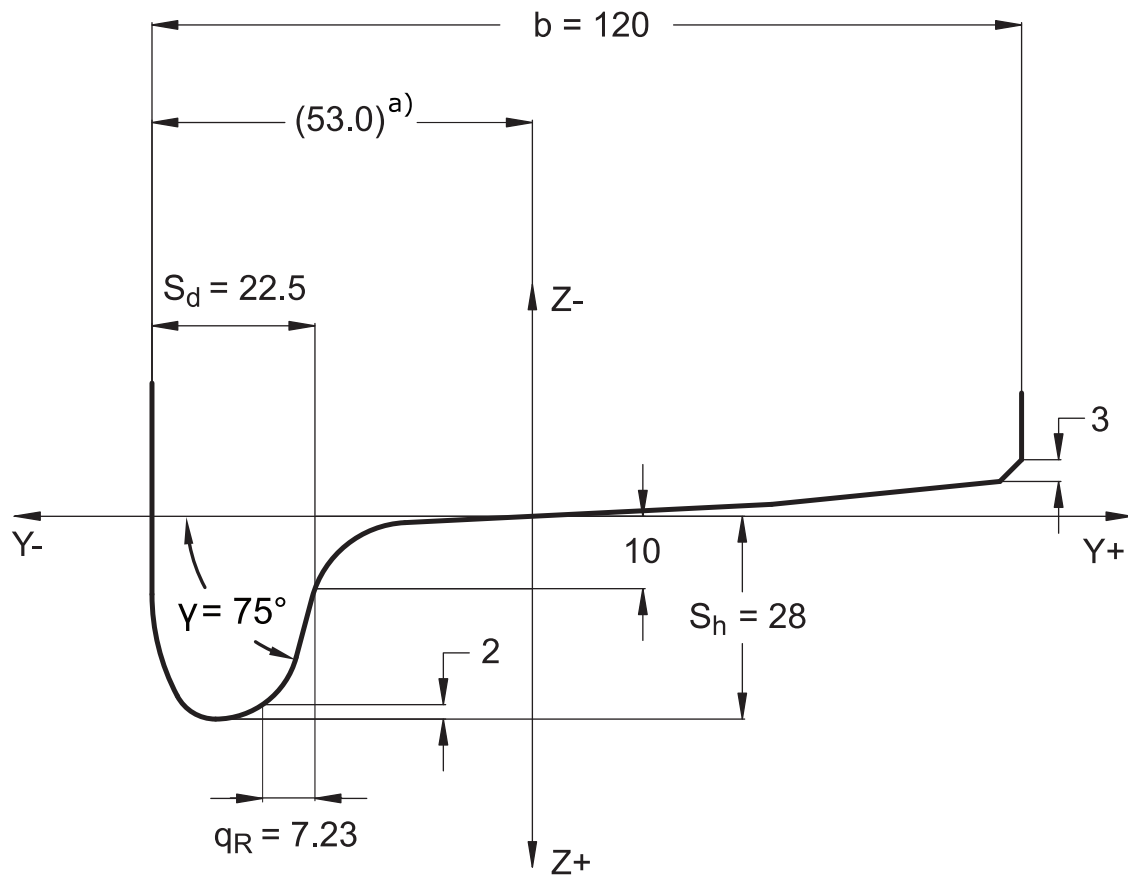
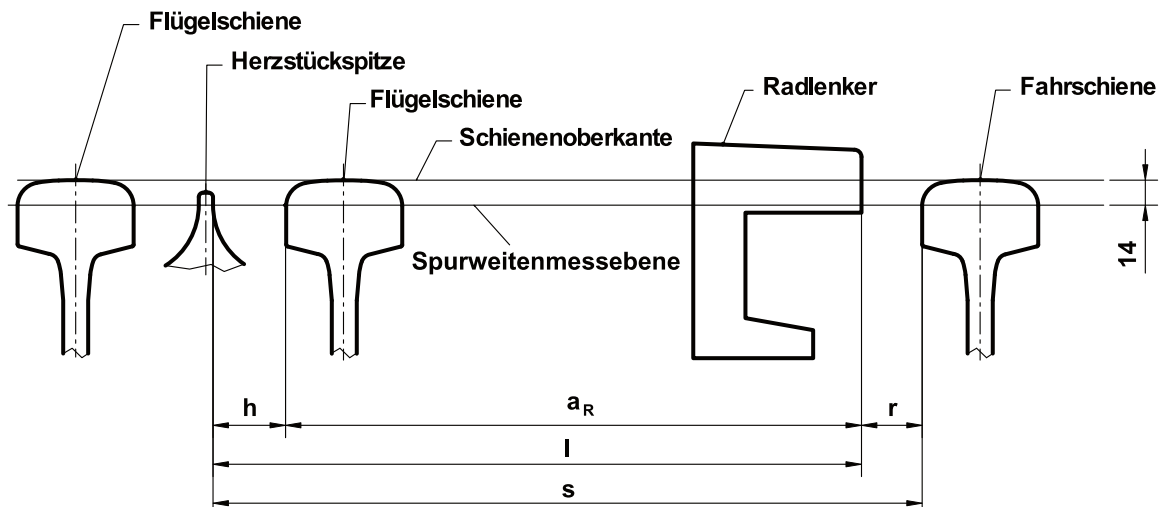


Abbildung A2-3: Radprofil Typ B (Masse in mm).

a) Geringfügige Abweichung bezüglich der Lage der Messkreisebene vom Mass 53.0 ist zulässig.

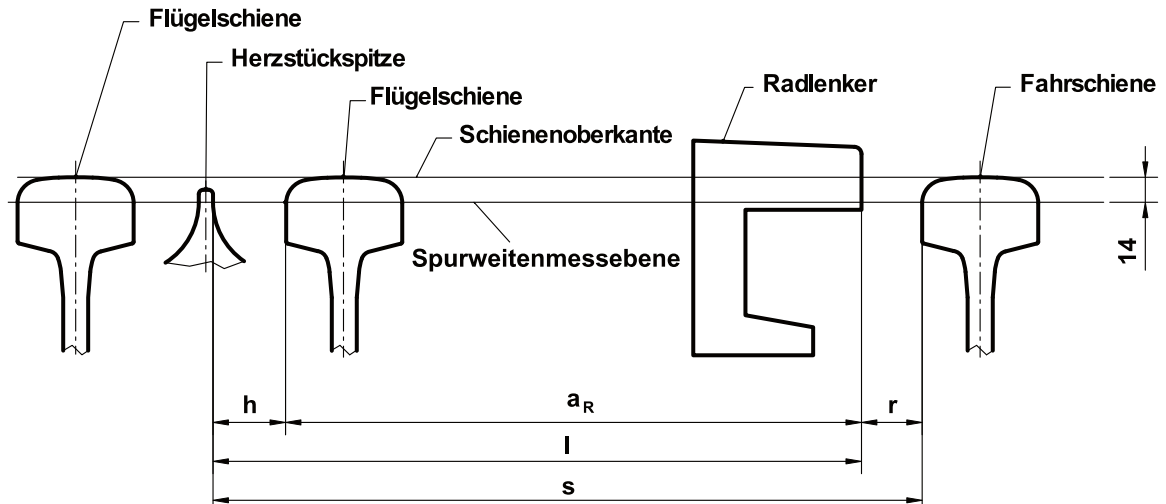
A2.4 Einfachweiche Typ b



		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 Einfachweiche Typ b mit Schienenprofil SBB I (46E1).

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



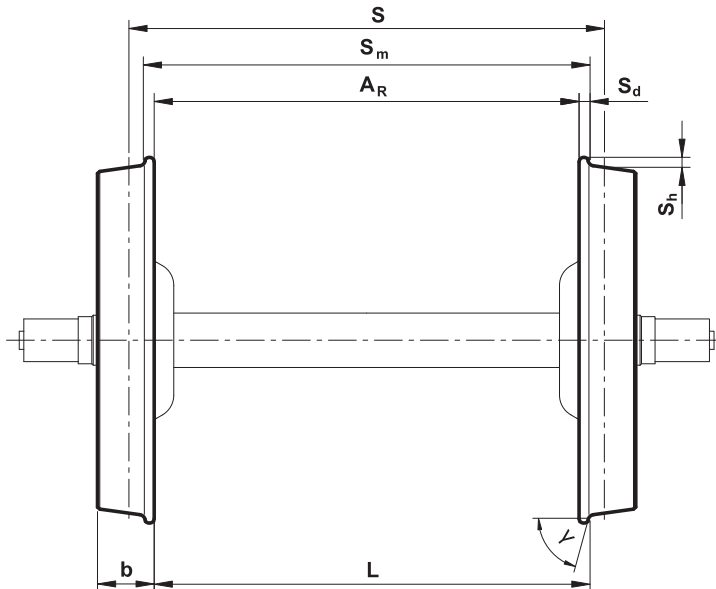
		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
s	Spurweite ^{a)}	1'003	2	-2	10	-3
a _R	Leitkantenabstand	(934)	–	–	–	–
l	Leitweite ^{b)}	971	2	0 ^{c)}	4	-2
r	Radlenkerrille	32	1	-2	2	-2
h	Herzstückrille	37	1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

Abbildung A2-6: Vermessung Einfachweiche Typ b mit Schienenprofil SBB IV (54E2).

- 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

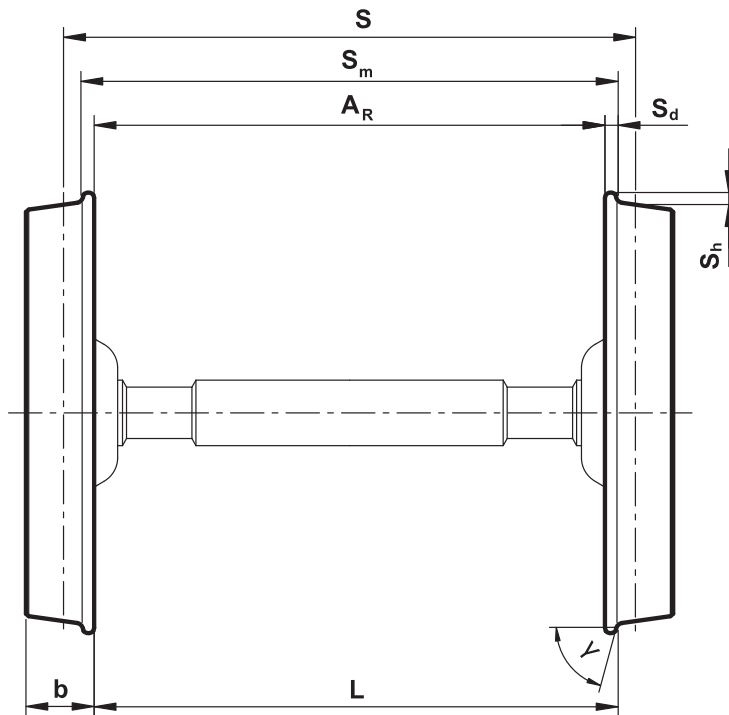


		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
S	Abstand der Messkreisebenen	(1'050)	–	–	–	–
S _m	Spurmass	980	1	c)	1 ^{b)}	-5 ^{b)}
A _R	Radrückenabstand	944	1	0	1 ^{b)}	-2 ^{b)}
L	Leitmass ^{a)}	(962)	–	–	–	–
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

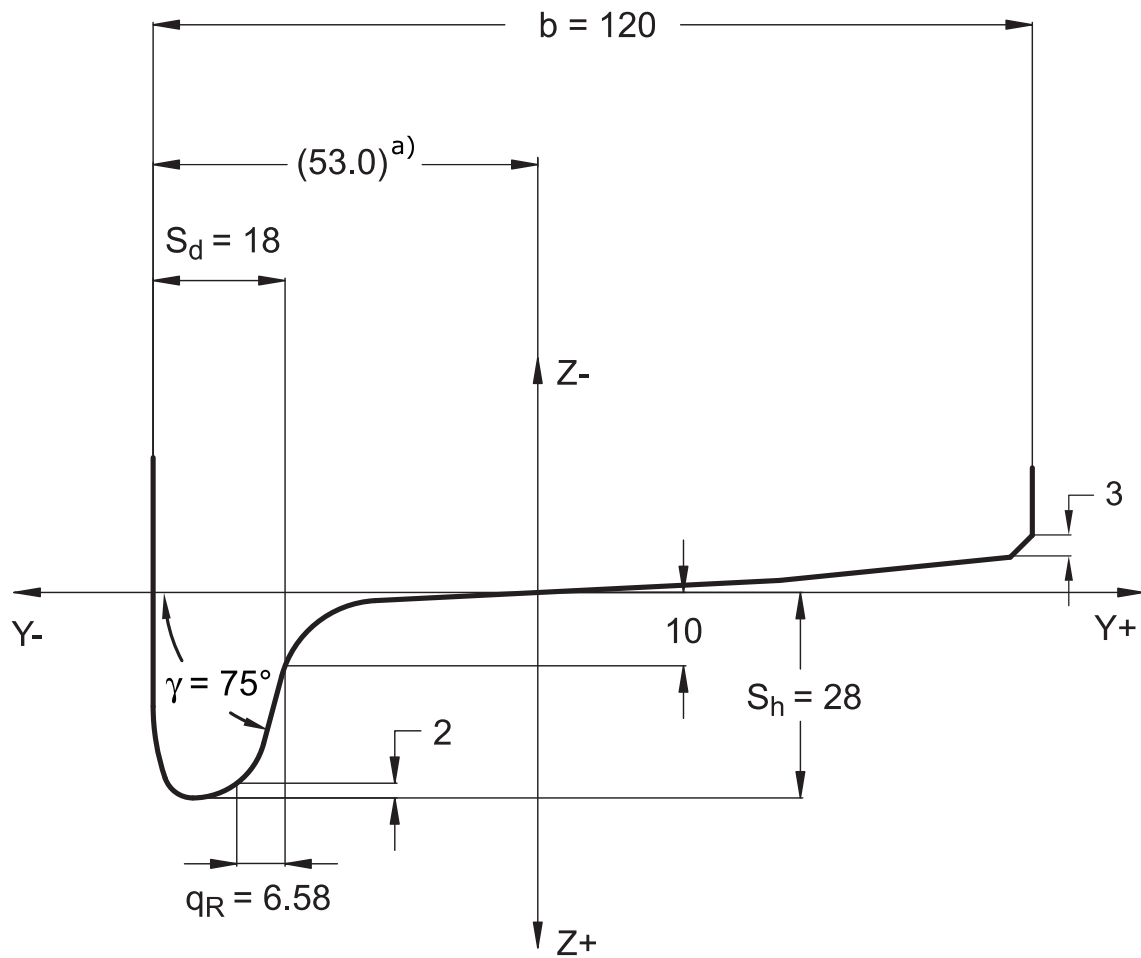
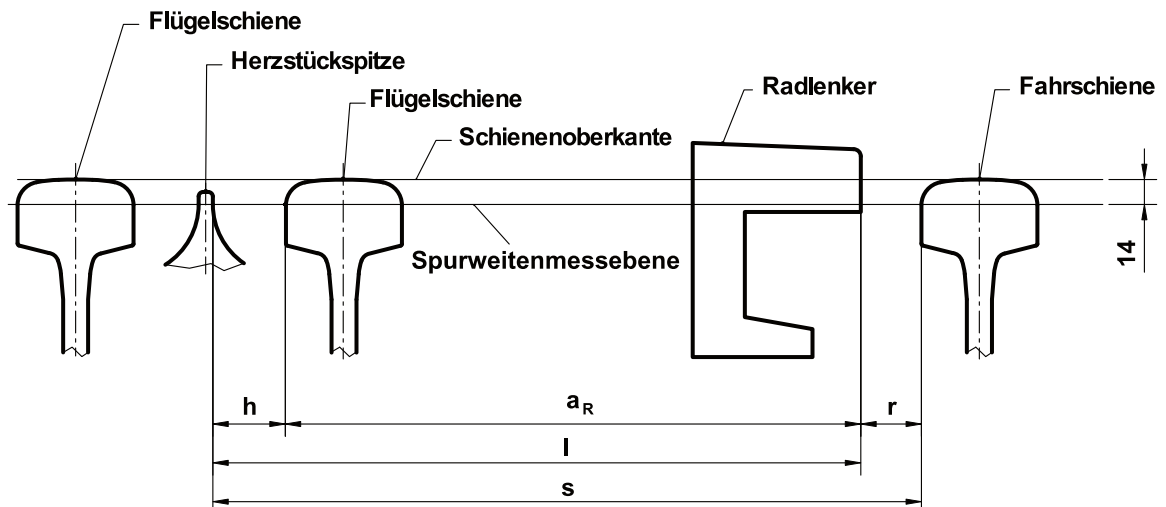


Abbildung A3-3: Radprofil Typ C (Masse in mm).

a) Geringfügige Abweichung bezüglich der Lage der Messkreisebene vom Mass 53.0 ist zulässig.

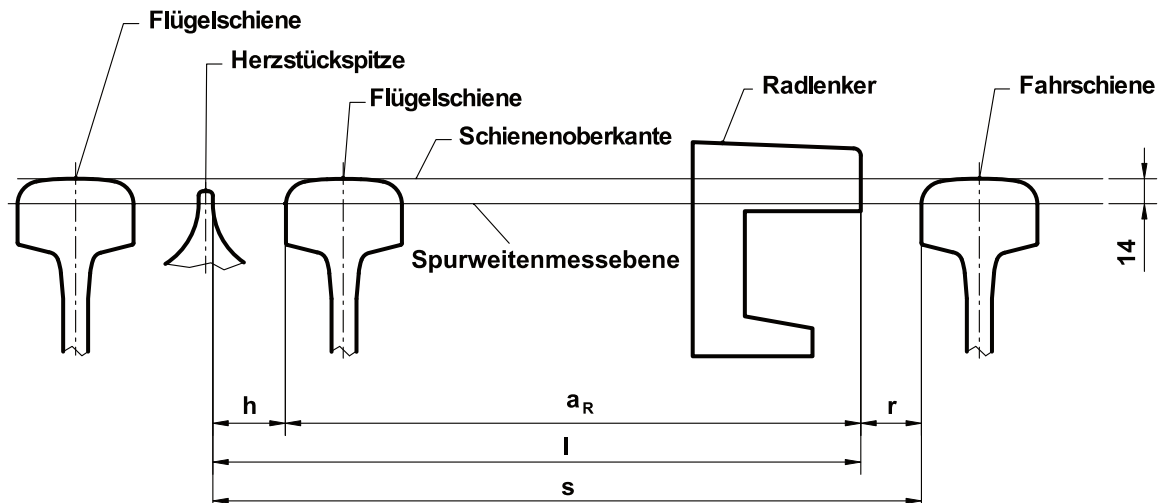
A4 Einfachweiche für Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, B und C (MOB, TPF)



		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	1	0 ^{c)}	1	-2
r	Radlenkerrille	32	1	-2	2	-2
h	Herzstückkrille	41	1	-1	4	-2

Abbildung A4-1: Vermassung Weiche für Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, B und C (MOB, TPF) mit Schienenprofil SBB I (46E1).

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



		Mass [mm]	Neuzustand unbelastet		Im Betrieb unter Last	
			Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]	Obere Toleranz [mm]	Untere Toleranz [mm]
s	Spurweite ^{a)}	1'001	4	0	12	-1
a_R	Leitkantenabstand	(930)	–	–	–	–
l	Leitweite ^{b)}	971	1	0 ^{c)}	1	-2
r	Radlenkerrille	31	2	-1	3	-1
h	Herzstückkrille	40	2	0	5	-1

Abbildung A4-2: Vermessung Weiche für Mischbetrieb mit Radprofilen Typ A, B und C (MOB, TPF) mit Schienenprofil SBB IV (54E2).

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