Technische Regeln

für die Spurführung von Schienenbahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab)

- Technische Regeln Spurführung - (TR Sp)

Bearbeitungsstand: März 2004

Ausgabe: Mai 2006

Technische Regeln für die Spurführung von Schienenbahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab)

– Technische Regeln Spurführung – (TR Sp)

Inhaltsübersicht

Seite

1 Allgemeines 1

2 Begriffsbestimmungen und Maßbezeichnungen 3

2.1 Begriffsbestimmungen 3

2.1.1 Rad / Schiene – Profilmerkmale 3
2.1.2 Spurspiel 5
2.1.3 Anfahrwinkel (α) 5
2.1.4 Entgleisen 5
2.1.5 Aufklettern 5
2.1.6 Aufsteigen 5

2.2 Spurführungstechnische Systeme 9

2.3 Maßbezeichnungen an Gleis, Weichen, Kreuzungen 13

2.3.1 Spurweite (S) 13
2.3.2 Rillenkanten- bzw. Leitkantenabstand (K) 13
2.3.3 Leitweiten (L_H, L_R) 13
2.3.4 Rillenweite (W, W_H, W_R) 13
2.3.5 Rillentiefe (T) 14

2.4 Maßbezeichnungen am Radsatz 14

2.4.1 Messkreis 14
2.4.2 Messkreisabstand (m) 14
2.4.3 Spurmaß (s) 14
2.4.4 Leitkreisabstand (k) und Radrückenabstand (r) 14
2.4.5 Leitmaß (l) 15
2.4.6 Spurkranzdicke (d) 15
2.4.7 Spurkranzbreite (e) 15
2.4.8 Rückenflanken-Stichmaß (f) 15
2.4.9 Spurkranzhöhe (h) 16
2.4.10 Stirnflanken-Quermaß (q_R) 16
2.4.11 Stirnflankenwinkel (β_S) 18
2.4.12 Rückenflankenwinkel (β_R) 18

Seite

3 Spurführung 19

3.1 Allgemeines 19

3.2 Sicherheit gegen Entgleisen durch Aufklettern 21

3.3 Spurweite und Spurmaß 22

3.3.1 Grundsatzkriterien 22
3.3.2 Grenzwerte 23
3.3.3 Spurweiten-Anpassungen in Gleisbögen 24

3.4 Leitkanten- bzw. Rillenkanten- und Leitkreis- bzw. Radrücken-Abstand 25

3.5 Leitweite und Leitmaß 25

3.6 Radbreite 25

3.7 Rillenweite, Spurkranzbreite und Spurkranzdicke 26

3.8 Fahrzeugspezifische Spurführungsanpassungen 27

3.9 Rillentiefe und Spurkranzhöhe 27

3.10 Weichen und Kreuzungen 28

3.10.1 Bezeichnungen und Besonderheiten 28
3.10.2 Zungenbereich 33
3.10.3 Herzstückbereich 36

4 Quermaß-Nachweis 39

4.1 Allgemeines 39

4.2 Einzelnachweise 42

4.2.1 Streckengleis 42
4.2.2 Weichen und Kreuzungen im Bereich Einfacher Herzstücke 45
4.2.3 Weichen und Kreuzungen im Bereich Doppelter Herzstücke 50
4.2.4 Radaufstandsbreite 54

4.3 Einzelwerte 56

4.3.1 Radsatz 56
4.3.2 Streckengleis 59
4.3.3 Herzstückbereich 59

4.4 Zusätzlicher Platzbedarf der Spurkränze im Gleisbogen 61

4.5 Darstellung des Quermaß-Nachweises 62

5 Mischbetrieb nach BOStrab und EBO 63

Zusammenstellung der Formelzeichen und Abkürzungen 65

Begründung und Erläuterungen zur Neufassung der “Spurführungs-Richtlinien“ als „Technische Regeln Spurführung (TR Sp)“ zur BOStrab 71

Literaturhinweise 77

Anhang 1 Zusätzlicher Platzbedarf der Spurkränze im Gleisbogen (analytische und grafische Ermittlung)

Anhang 2 Darstellung des Quermaß-Nachweises

Anhang 3 Beispiel
für ein fiktives Fahrwerk:
- Ermittlung der Zahlenwerte für die Quermaß-Tabelle
- Darstellung der Quermaße
- Nachweis des Klaffmaßes an der Zungenspitze

Anhang 4 Mindest-Radaufstandsbreite bzw. Mindestbreite der Spurkranzkuppe

Hinweis:

Einzelne Aussagen der „Technischen Regeln“ wurden für ein besseres Verständnis der Hintergründe mit ergänzenden Anmerkungen und Erläuterungen versehen. Diese sind nicht Teil der „Technischen Regeln“. Um dies deutlich zu machen, sind sie kursiv geschrieben und vom Text der „Technischen Regeln“ durch horizontale Balken abgetrennt.

1 Allgemeines

Geltungsbereich

Diese „Technischen Regeln Spurführung (TR Sp)“ sind auf Beschluss des „Länderfachausschusses für Stadtbahnen und andere spurgebundene Ortsverkehrssysteme (LSO)“ vom 25. April 2006, nach eingehender Würdigung der Randbedingungen, im Sinn von § 2 BOStrab als allgemein anerkannte Regeln der Technik zu betrachten und entsprechend anzuwenden.

Sie konkretisieren die Vorschriften über die Spurführung der Fahrzeuge von Schienenbahnen gemäß § 17 und § 35 der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab) vom 11.12.1987 (BGBl. I S. 2648). Sie gelten für Bahnen mit Spurführungseinrichtungen herkömmlicher Bauart; solche Bahnen sind Zweischienenbahnen mit Führung der Fahrzeuge durch Räder mit Innenspurkränzen.

Abweichungen von diesen „Technischen Regeln“ und den dargestellten Verfahren sind zulässig, wenn mindestens die gleiche Sicherheit gewährleistet ist.

Es werden nur die geometrischen Zusammenhänge betrachtet, nicht die auftretenden Kräfte.

2 Begriffsbestimmungen und Maßbezeichnungen

Die nachstehend aufgeführten Begriffsbestimmungen und Maßbezeichnungen sind Grundlage zur Charakterisierung spurführungstechnisch relevanter Merkmale.

Rad- bzw. fahrwerksbezogene Merkmale werden durch Kleinbuchstaben, schiene- bzw. gleisbezogene Merkmale durch Großbuchstaben gekennzeichnet.

Für die rad- bzw. fahrwerksbezogenen Merkmale ist zu beachten, dass

- ein Radsatz aus zwei parallelen und in ihrer axialen Mittellinie durch eine Welle miteinander verbundenen Rädern besteht,
- ein Radpaar von zwei im geraden Gleis parallel zueinander ausgerichteten Rädern gebildet wird, die nicht durch eine durchgehende Welle miteinander verbunden sind,
- Definitionen und Maßbezeichnungen für den Radsatz sinngemäß auch für das Radpaar gelten.

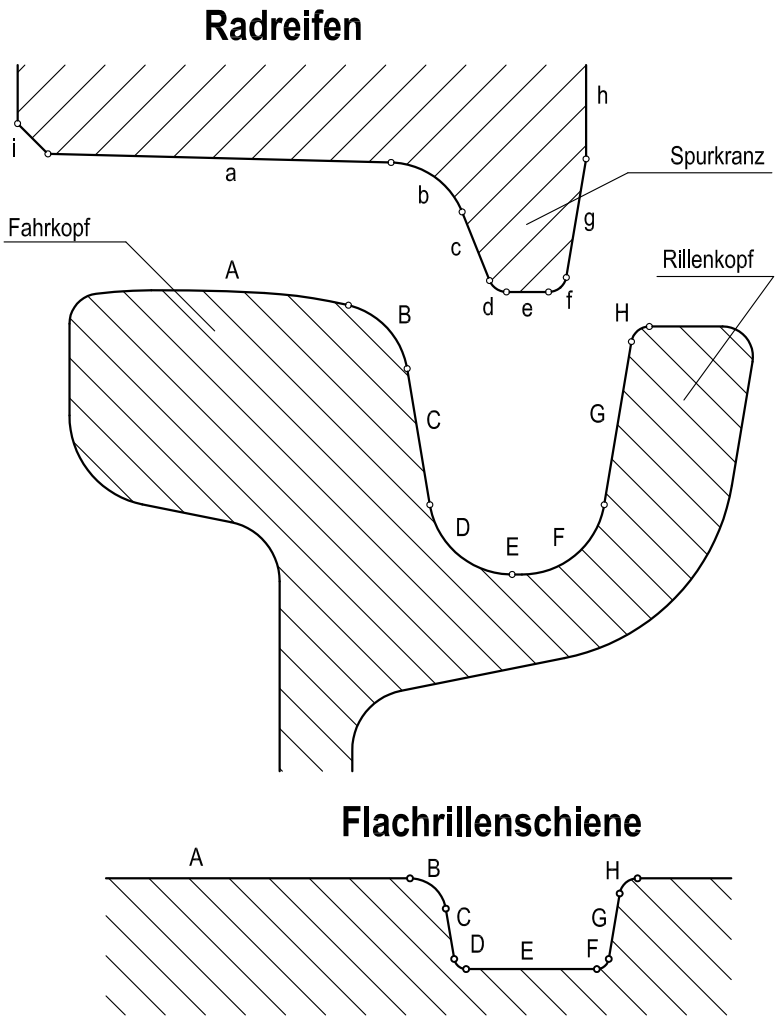
Die den Merkmalen zugeordneten Abmessungen werden in der Regel am Gleis mit dem Zusatz „-weite“, am Radsatz mit dem Zusatz „-maß“ bezeichnet.

Spezielle Bezeichnungen an Weichen und Kreuzungen sind in Abschnitt 3.10 aufgeführt.

2.1 Begriffsbestimmungen

2.1.1 Rad / Schiene – Profilmerkmale

Die spurführungstechnisch relevanten Abschnitte des Rad- und des Schienenprofils und die Begriffe, mit denen sie bezeichnet werden, sind in Bild 1 dargestellt.



Rad

- **a** - Fahrflächenprofil
- **b** - Spurkranzkehle
- **c** - Spurkranzstirnflanke
- **d** - äußere Spurkranzkuppenabrundung
- **e** - Spurkranzkuppe
- **f** - innere Spurkranzkuppenabrundung
- **g** - Spurkranzrückenflanke
- **h** - Radrücken
- **i** - Stirnfase

Schiene

- **A** - Fahrflächenprofil
- **B** - Kopfeckabrundung
- **C** - Fahrflanke
- **D** - äußere Rillenausrundung
- **E** - Rillenboden
- **F** - Innere Rillenausrundung
- **G** - Rillenflanke (ggf. abschnitts-weise Leitflanke)
- **H** - Rillenkopfabrundung

Bild 1: Bezeichnungen am Querschnitt von Rad und Schiene

2.1.2 Spurspiel

Das Spurspiel ist der Abstand, um den ein Radsatz, dessen Eigendrehachse horizontal rechtwinklig zur Gleislängsachse steht (Anfahrwinkel $\alpha = 0°$), von der Berührung des Spurkranzes des einen Rades mit dem Fahrkopf der zugehörigen Schiene bis zur Berührung des Spurkranzes des anderen Rades mit dem Fahrkopf der anderen Schiene quer im Gleis verschoben werden kann (siehe Bilder 2a und 2b). (In guter Näherung gilt in vielen Fällen: Spurspiel = Spurweite – Spurmaß)

2.1.3 Anfahrwinkel (α)

Der Anfahrwinkel α liegt in der horizontalen Schnittebene durch den Berührungspunkt Spurkranz / Schiene. Er ist der Winkel zwischen der Tangente an die Schiene im Berührungspunkt und der Rechtwinkligen zur Radachse (Bild 3).

2.1.4 Entgleisen

Entgleisen ist das Anheben eines Rades bis zum Auffahren der Spurkranzkuppe auf die Fahrfläche der Schiene bzw. auf den Kopf von Leiteinrichtungen mit nachfolgendem Verlassen der Schiene.

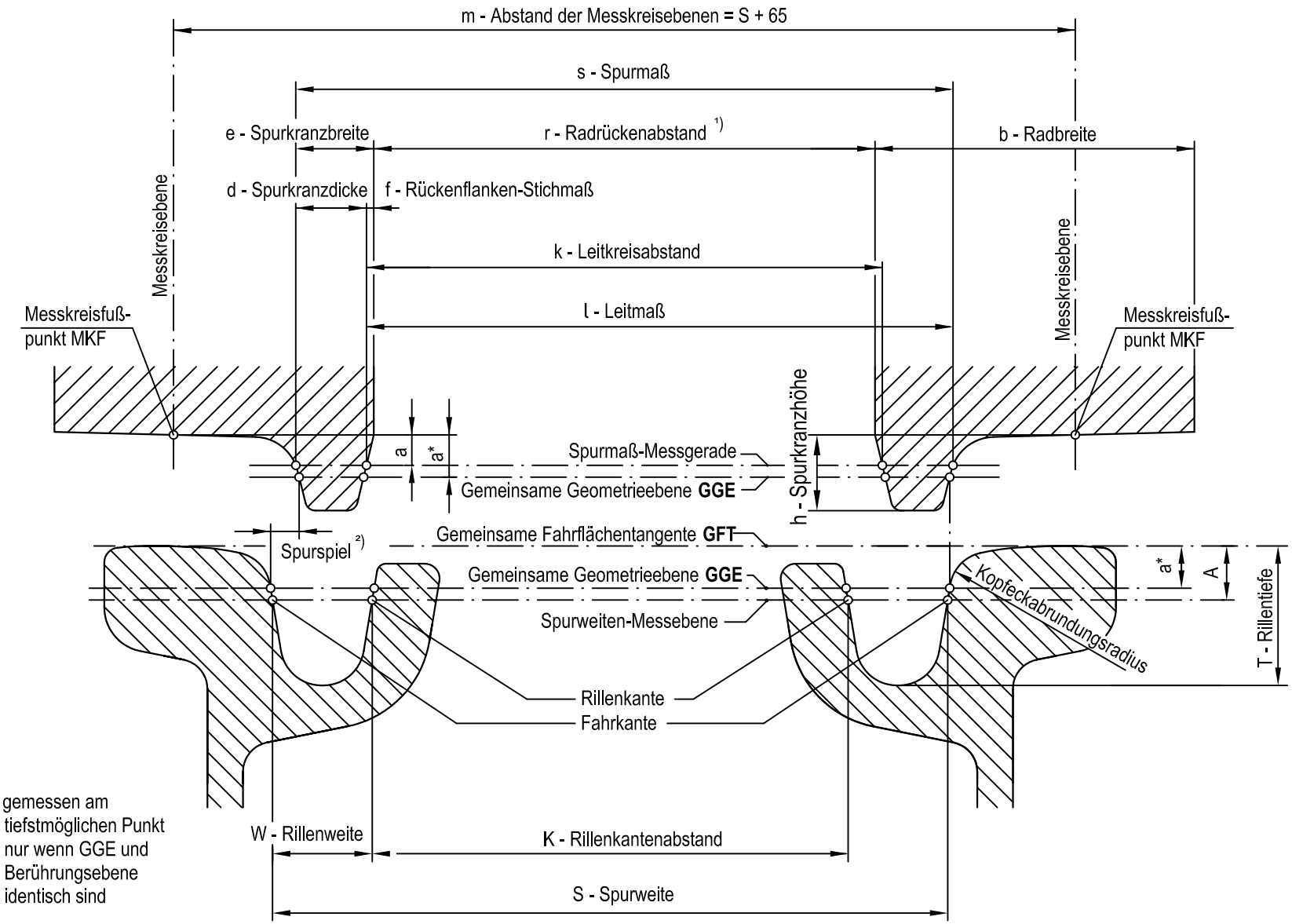
Das Entgleisen kann durch Aufklettern oder Aufsteigen hervorgerufen werden.

2.1.5 Aufklettern

Aufklettern ist das Hinaufdrücken eines mit der Stirn oder dem Rücken seines Spurkranzes an der Fahr- bzw. Leit- oder Rillenflanke anfahrenden Rades auf die Fahrfläche der Schiene bzw. auf den Kopf der Leiteinrichtung unter Kraftschluss durch seitliche Spurführungskräfte.

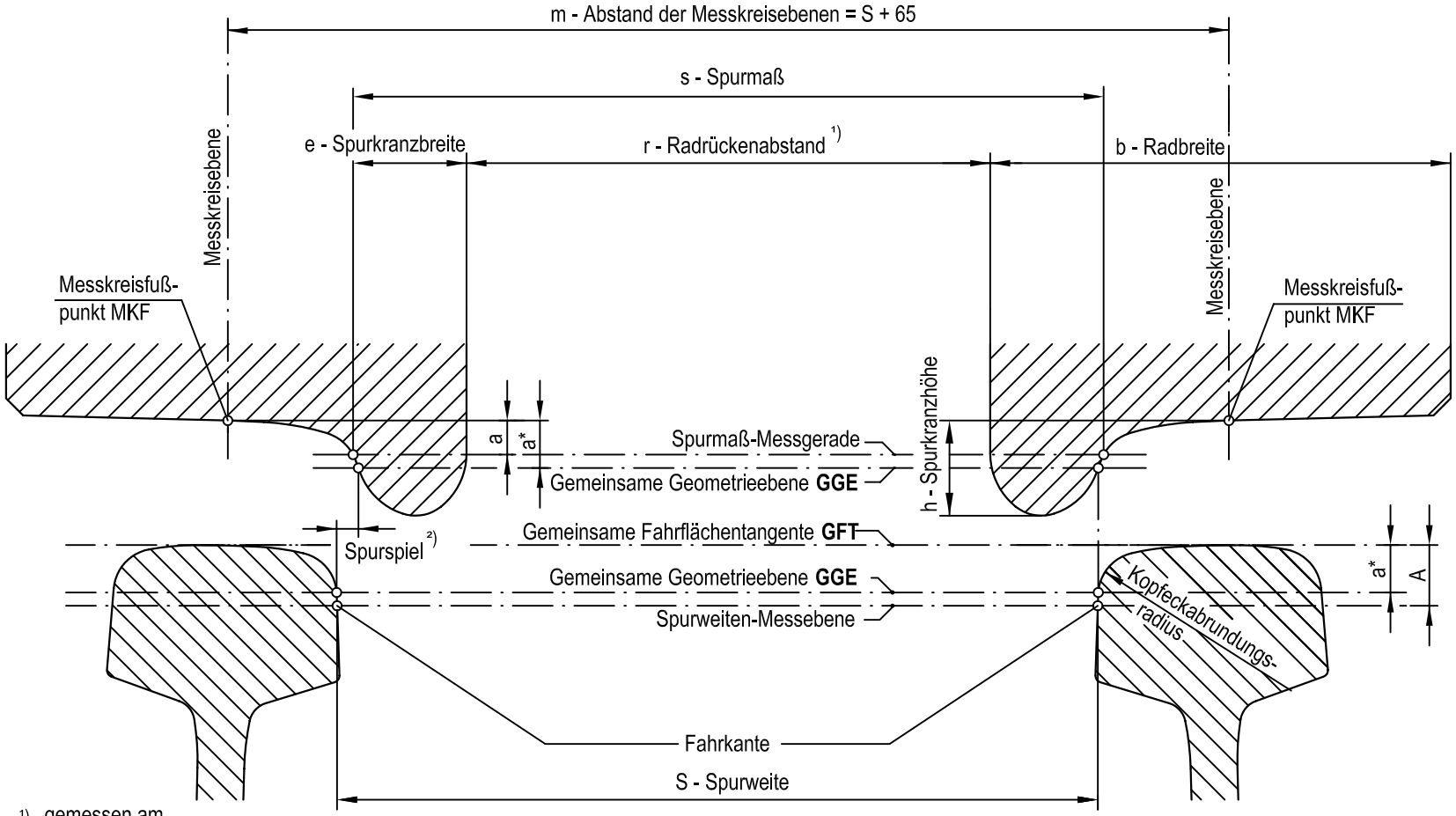
2.1.6 Aufsteigen

Aufsteigen ist das Hinauffahren eines Rades auf ein Hindernis in seinem Fahrweg.



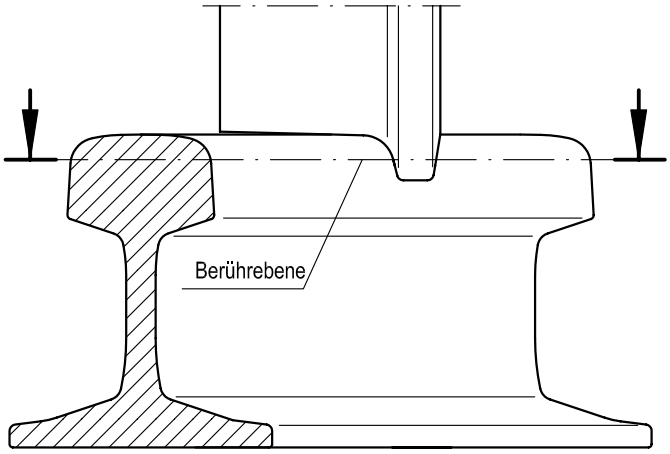
1) gemessen am tiefstmöglichen Punkt
2) nur wenn GGE und Berührungsebene identisch sind

Bild 2a: Maßbezeichnungen an Radsatz und Gleis (Rillenschienen)



1) gemessen am tiefstmöglichen Punkt
2) nur wenn GGE und Berührungsebene identisch sind

Bild 2b: Maßbezeichnungen an Radsatz und Gleis (rillenlose Schienen)



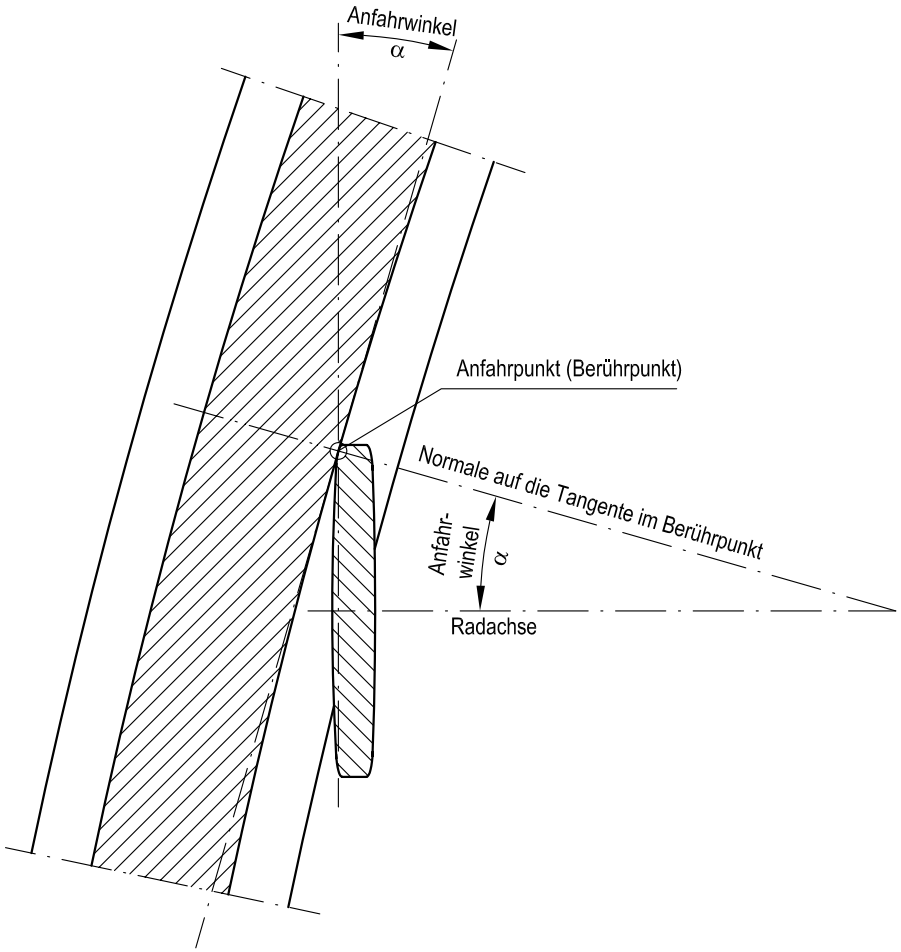


Bild 3: Anfahrwinkel

2.2 Spurführungstechnische Systeme

Ein spurführungstechnisches System ist auf die jeweils verschiedenen betrieblichen Bedingungen (z. B. Neu- und Verschleißgrenzmaße sowie Fahrzeugmerkmale) abgestimmt und beinhaltet entsprechend festgelegte Gleis- bzw. Radsatz-Abmessungen. Hierfür ist ein Quermaß-Nachweis zu führen.

Im Hinblick auf die Spurführung sind drei Betriebssysteme zu unterscheiden:

Betriebssystem S (Straßenbahn- / Stadtbahn-Betrieb)**:**

Das Betriebssystem S gilt für Bahnen, deren Fahrzeuge in wesentlichem Umfang straßenbündige Gleise mit Rillenschienen befahren.

Betriebssystem E (Stadtbahn- / U-Bahn-Betrieb)**:**

Das Betriebssystem E gilt für Bahnen, deren Fahrzeuge und Gleisanlagen in spurführungstechnischer Hinsicht der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) bzw. der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen (ESBO) ähnlich sind oder genügen.

Betriebssystem M (Mischbetrieb BOStrab / EBO bzw. ESBO)**:**

Das Betriebssystem M gilt für Bahnen, deren Fahrzeuge und Gleisanlagen in spurführungstechnischer Hinsicht sowohl dem Betriebssystem S bzw. E als auch der EBO bzw. ESBO genügen.

Anmerkung 1

Gegenüber den Betriebsverhältnissen der Eisenbahn wird beim Betriebssystem E die Anwendung der spurführungstechnischen Grundsätze der EBO auf Gleisbögen mit einem Radius unterhalb von 180 m bzw. der ESBO unterhalb von 50 m erweitert.

Zur Festlegung des spurführungstechnischen Maßsystems sind folgende Ebenen bzw. Linien zu definieren und in ihrer Lage zu bestimmen.

- Die Bezugsebene für das Gleis ist die gemeinsame Fahrflächentangente (GFT) der beiden Schienen.

- Die Spurweiten-Messebene ist eine zur GFT parallele Ebene im Abstand **A** unterhalb der GFT. Der Abstand A ist in Abhängigkeit von den Kopfeckabrundungsradien und der Tiefe von Flachrillen festzulegen. Die Schnittlinien der Spurweiten-Messebene mit den Fahrflanken, Leitflanken und Rillenflanken werden als Fahrkanten, Leitkanten und Rillenkanten bezeichnet.
- Die Bezugslinie für einen Radsatz ist die Verbindungslinie der Messkreisfußpunkte.
- Die Spurmaß-Messgerade eines Radsatzes ist eine Parallele im Abstand **a** zur Verbindungslinie der Messkreisfußpunkte durch die Spurkränze.

Anmerkung 2

Es wird empfohlen, in Gleisnetzen, in denen Schienen unterschiedlicher Profile (mit unterschiedlichen Radien der Kopfeckabrundung) verlegt sind, jeweils eine einheitliche Messebene festzulegen, die auch die Tiefe von Flachrillen berücksichtigt, und dies der Quermaß-Tabelle (Abschnitt 4) zugrunde zu legen.

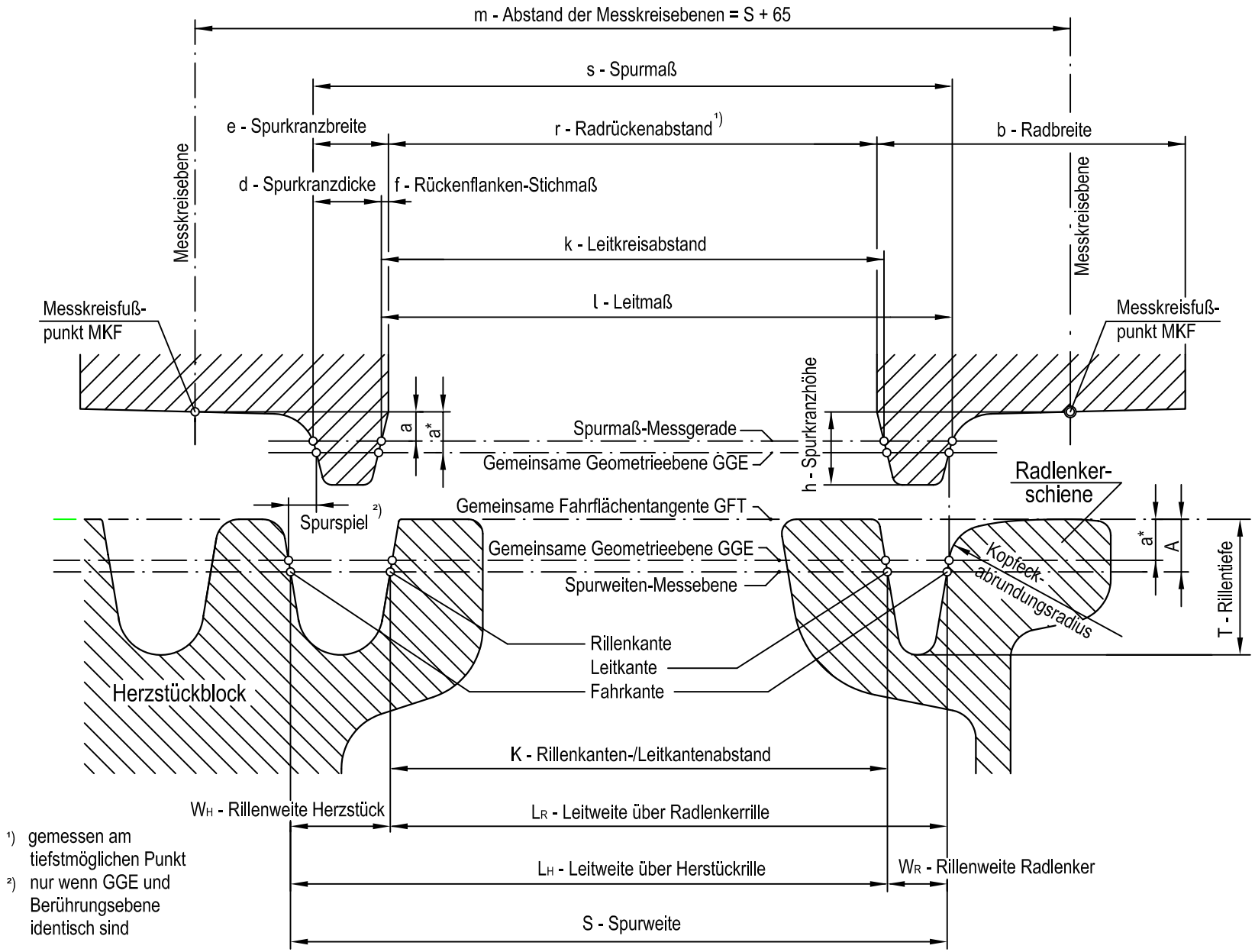
In Abhängigkeit von den betrieblichen Verhältnissen ist für den Abstand A der Spurweiten-Messebene von der GFT vorzugsweise 10 mm oder 14 mm zu wählen.

Im Hinblick auf die Weiterentwicklung neuer Rad- und Schienenprofile wird für den Abstand A 14 mm empfohlen.

Gemeinsame Geometrieebene (GGE)

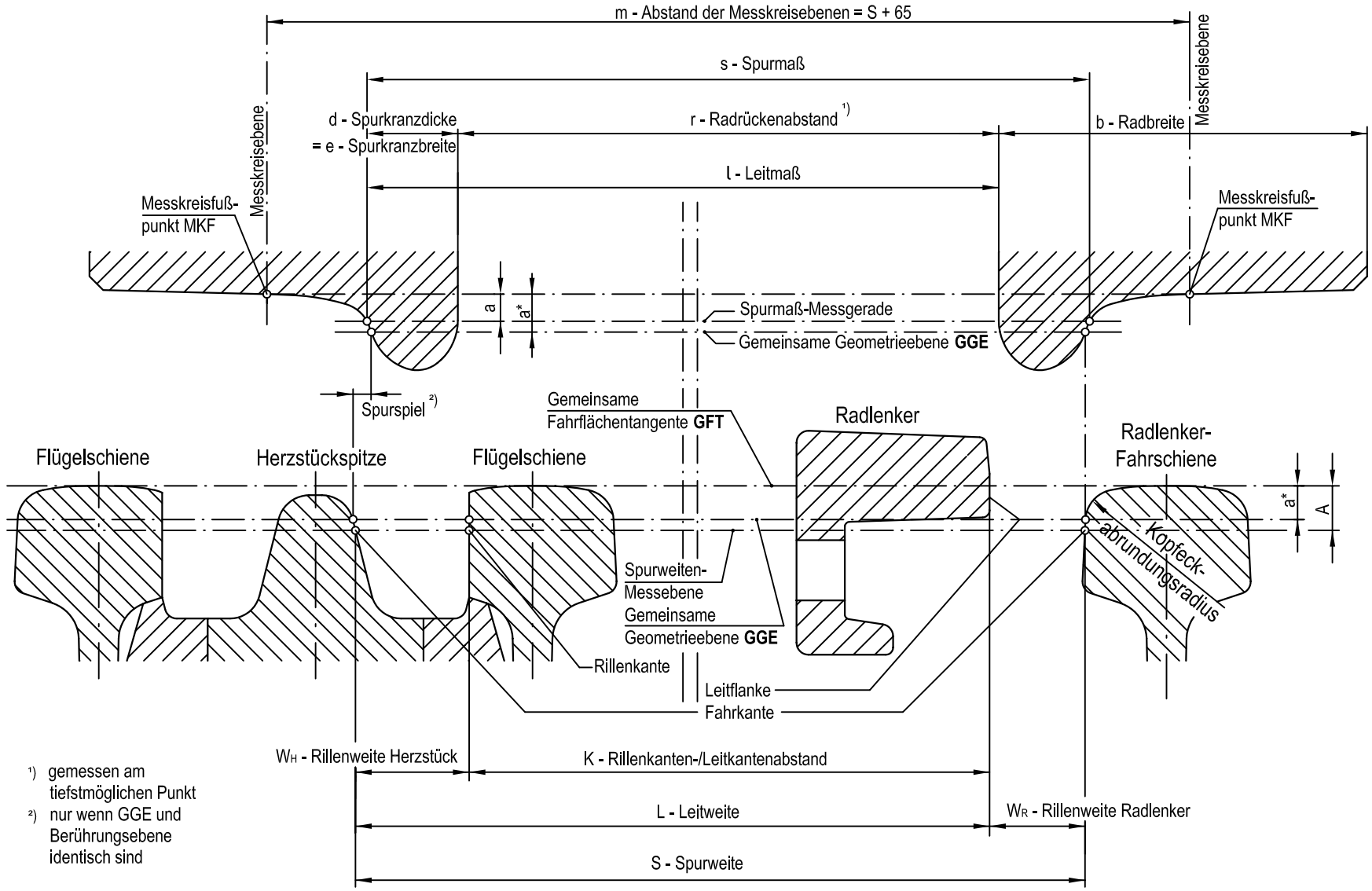
Für den erforderlichen Quermaß-Nachweis ist eine Gemeinsame Geometrieebene (GGE) von Gleis und Radsatz festzulegen, die im Bereich der Ebenen liegen soll, in der sich die Schienenfahrflanken und die Spurkranzstirnflanken – unter Berücksichtigung von Neu- und Verschleißzustand sowie geradem und gebogenem Gleis – tatsächlich berühren können; sie soll idealerweise mit der Spurweiten-Messebene und der Spurmaß-Messgeraden (möglichst beide auf gleicher Höhe) übereinstimmen.

In den Bildern 2a und 2b sind die Maßbezeichnungen an einem Gleis (mit Rillenschienen / rillenlosen Schienen) und einem Radsatz, in den Bildern 4a und 4b am Herzstückbereich einer Weiche (aus Rillenschienen / rillenlosen Schienen) und einem Radsatz beispielhaft veranschaulicht.



1) gemessen am tiefstmöglichen Punkt
2) nur wenn GGE und Berührungsebene identisch sind

Bild 4a: Maßbezeichnungen an Radsatz und Einfacher Weiche (Rillenschienen)



1) gemessen am tiefstmöglichen Punkt
2) nur wenn GGE und Berührungsebene identisch sind

Bild 4b: Maßbezeichnungen an Radsatz und Einfacher Weiche (rillenlose Schienen)

2.3 Maßbezeichnungen an Gleis, Weichen, Kreuzungen

(siehe Bilder 2a, 2b, 4a und 4b)

2.3.1 Spurweite (S)

Die Spurweite **S** ist der Abstand der beiden Fahrkanten eines Gleises.

Anmerkung 3

Kann die Spurweite z.B. verschleißbedingt nicht auf der Höhe der Spurweiten-Messebene gemessen werden, so gilt der kleinste Abstand der inneren Seitenflächen der Schienenfahrköpfe (Fahrflanken) oberhalb der Spurweiten-Messebene als Spurweite.

2.3.2 Rillenkanten- bzw. Leitkantenabstand (K)

Der Rillenkanten- bzw. Leitkantenabstand **K** ist der Abstand der Rillenkanten bzw. Leitkanten eines Gleises.

2.3.3 Leitweiten (L_H, L_R)

Die Leitweite über die Herzstückrille $\mathbf{L_H}$ ist der Abstand der Leitkante einer Spurführungseinrichtung von der Fahrkante am Herzstück.

Die Leitweite über die Radlenkerrille $\mathbf{L_R}$ ist der Abstand der Rillenkante am Herzstück von der Fahrkante im Bereich der Spurführungseinrichtung.

2.3.4 Rillenweite (W, W_H, W_R)

Die Rillenweite der Rillenschiene **W**, der Herzstückrille $\mathbf{W_H}$ und der Radlenkerrille $\mathbf{W_R}$ ist jeweils der Abstand der Fahrkante von der Rillenkante der Rillenschiene bzw. von der Leitkante der Leiteinrichtung.

2.3.5 Rillentiefe (T)

Die Rillentiefe **T** ist der Abstand zwischen der Gemeinsamen Fahrflächentangente eines Gleises und dem tiefsten Punkt der Spurrille (Rillenboden).

2.4 Maßbezeichnungen am Radsatz

2.4.1 Messkreis

Der Messkreis ist ein parallel zum Radrücken liegender Schnittkreis durch die Radfahrfläche. Die beiden Messkreisebenen eines Radsatzes liegen symmetrisch zur vertikalen Ebene in der Radsatzmitte. Die Messkreisfußpunkte MKF sind die tiefsten Punkte der beiden Messkreise.

2.4.2 Messkreisabstand (m)

Der Abstand **m** der Messkreisebenen eines Radsatzes entspricht dem Grundmaß der Spurweite + 65 mm.

2.4.3 Spurmaß (s)

Das Spurmaß **s** ist der Abstand der Spurkranzstirnflanken der beiden Räder eines Radsatzes in der Spurmaß-Messgeraden. Es kann durch Addition des Radrückenabstandes und der Spurkranzbreiten bestimmt werden.

2.4.4 Leitkreisabstand (k) und Radrückenabstand (r)

Je nach Lage des Berührungsbereiches des Rades mit den Leiteinrichtungen des Gleises (Leitkanten oder Radlenker) ist entweder der Leitkreisabstand **k** als der Abstand der Spurkranzrückenflanken der beiden Räder eines Radsatzes in der Spurmaß-Messgeraden oder der Radrückenabstand **r** als der Abstand der Radrückenflächen im Berührungsbereich mit den jeweiligen Leiteinrichtungen spurführungstechnisch von Bedeutung.

Anmerkung 4

Der Berührungsbereich ist abhängig von der Form der jeweiligen Leiteinrichtung.

2.4.5 Leitmaß (l)

Das Leitmaß l ist in der Spurmaß-Messgeraden

- der Abstand zwischen der Spurkranzstirnflanke des einen Rades und der Spurkranzrückenflanke des anderen Rades

bzw. ggf.

- der Abstand zwischen der Spurkranzstirnflanke des einen Rades und der Radrückenfläche des anderen Rades im Berührungsbereich mit der jeweiligen Leiteinrichtung (Leitkante bzw. Radlenker / Flügelschiene).

2.4.6 Spurkranzdicke (d)

Die Spurkranzdicke **d** ist der Abstand zwischen Spurkranzstirnflanke und Spurkranzrückenflanke in der Spurmaß-Messgeraden.

2.4.7 Spurkranzbreite (e)

Die Spurkranzbreite **e** ist der horizontale Abstand zwischen der Spurkranzstirnflanke und der Radrückenebene in Höhe der Spurmaß-Messgeraden.

2.4.8 Rückenflanken-Stichmaß (f)

Das Rückenflanken-Stichmaß **f** ergibt sich aus der Differenz von Spurkranzbreite minus Spurkranzdicke. Bezugspositionen für die Messung sind einerseits der Rad-

rücken und andererseits der Messkreisfußpunkt, von dem aus die Position der Spurmaß-Messgeraden festgelegt ist, auf deren Höhe das Rückenflanken-Stichmaß f erfasst wird.

2.4.9 Spurkranzhöhe (h)

Die Spurkranzhöhe **h** ist der senkrechte Abstand zwischen der Spurkranzkuppe und dem Messkreisfußpunkt des Rades.

2.4.10 Stirnflanken-Quermaß (q_R)

Das Stirnflanken-Quermaß $\mathbf{q_R}$ ist der horizontale Abstand zwischen dem Schnittpunkt der Gemeinsamen Geometrieebene (GGE) mit der Spurkranzstirnflanke und dem Schnittpunkt einer im Abstand von 2 mm zur Spurkranzkuppe liegenden Messgeraden mit der Spurkranzstirnflanke (siehe Bild 5a und Bild 5b).

Das kleinste zulässige Stirnflanken-Quermaß ist hinsichtlich der Bestimmung des größten zulässigen Klaffmaßes festzulegen (vgl. Abschnitt 3.10.2 und Bilder 9a/b).

Anmerkung 5

Das Stirnflanken-Quermaß ist ein Merkmal für die Neigung der Spurkranzstirn.

Bei den Betriebssystemen M und E beträgt das Maß a 10 mm, beim Betriebssystem S soll sich das Maß a bzw. a an der Lage der mittleren Berührebene orientieren (GGE). Diese ist unter Berücksichtigung der ungünstigsten Verschleißzustände festzulegen.*

Beim EBO-Radprofil bildet die Tangente an den 2 mm über der Spurkranzkuppe liegenden unteren Messpunkt einen Winkel von etwa 28° zur Waagerechten. Die betriebspraktisch an dieser Stelle möglichen Reibwerte liegen unter 0,53 (Tangens von 28°), so dass ein an diesem Punkt aufsetzender Spurkranz nach der vorgesehenen Seite abgleitet. Da die Radprofile der Betriebssysteme S und M am 2 mm-Punkt meist einen größeren Tangentenwinkel als das EBO-Profil aufweisen, ist damit die generelle Anwendung dieses Messpunktes gerechtfertigt.

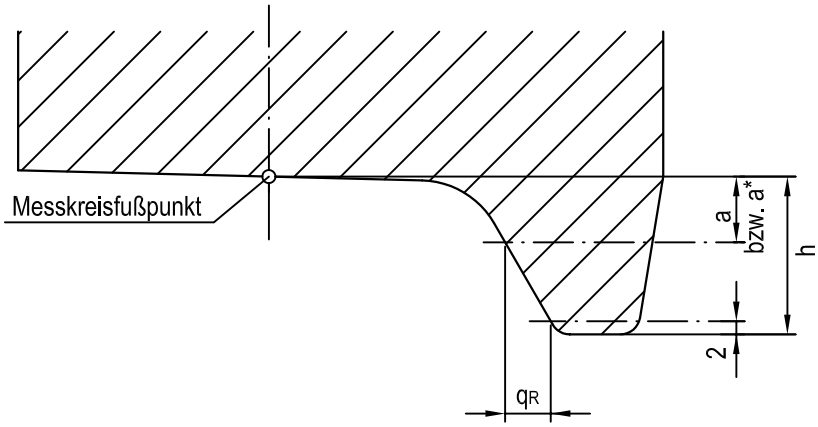


Bild 5a: Stirnflanken-Quermaß beim Betriebssystem S

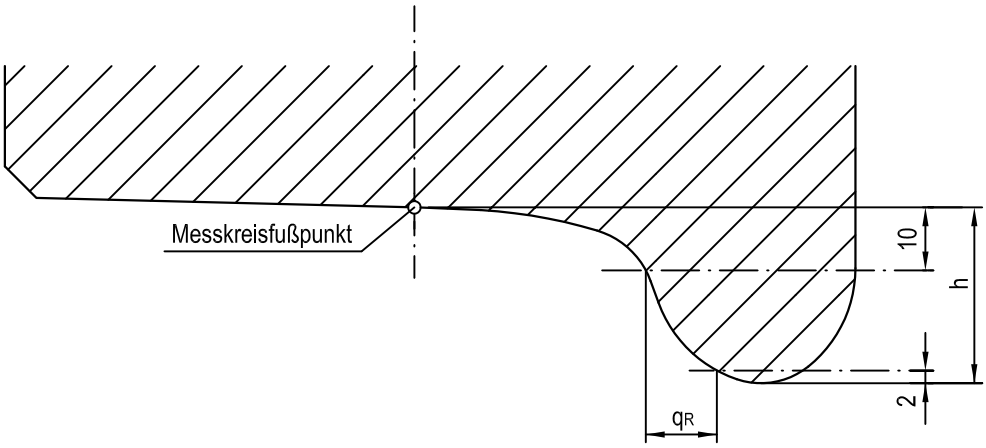


Bild 5b: Stirnflanken-Quermaß beim Betriebssystem E

2.4.11 Stirnflankenwinkel (β_S)

Der Stirnflankenwinkel β_S ist der Winkel zwischen der Spurkranzstirnflanke und der Verbindungslinie der Messkreisfußpunkte. Er darf 60° nicht unterschreiten.

2.4.12 Rückenflankenwinkel (β_R)

Der Rückenflankenwinkel β_R ist der Winkel zwischen der Spurkranzrückenflanke und der Verbindungslinie der Messkreisfußpunkte. Bei hohem Rillenschienenanteil soll der Rückenflankenwinkel der Neigung der Rillenflanke der Schiene entsprechen.

3 Spurführung

3.1 Allgemeines

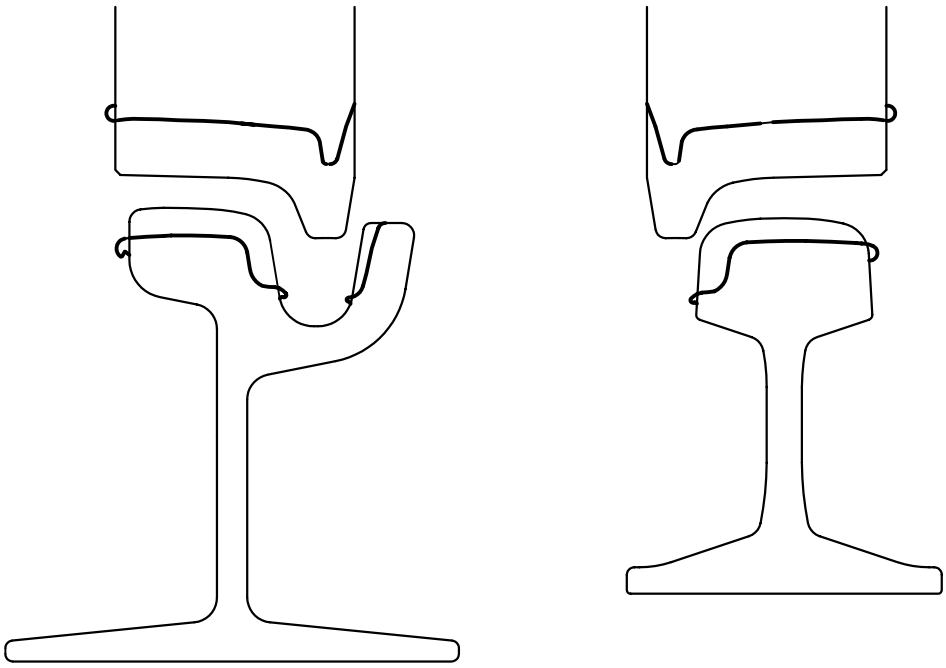
„Gleismaße und Fahrzeugmaße müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass bei den jeweils zulässigen Geschwindigkeiten auch im zulässigen Abnutzungszustand der Bauteile eine sichere Spurführung sowie größtmögliche Laufruhe erhalten bleiben.“ [§ 17 (2) BOStrab].

Für den Verschleißzustand sind die Grenzwerte der spurführungstechnisch relevanten Rad / Schiene - Größen in Abhängigkeit von den betrieblichen Bedingungen festzulegen.

Anmerkung 6

Neuzustand – Verschleißzustand

Während der betrieblichen Nutzung passen sich Rad und Schienenkopf einander an, so dass folgende der Vorausberechnung weitgehend entzogene Profile des Verschleißzustandes entstehen:



In der Regel sind folgende Veränderungen zu beobachten:

- *In der Fahrfläche des Rades bildet sich eine Ausrundung mit größerem Radius als dem der Rundung der Schienenfahrfläche.*
- *Spurkranz-Stirnflanke und Schienenkopf-Fahrflanke passen sich einander an.*
- *An Rad und Schiene wird Material unter Gratbildung plastisch verformt.*

Weitere Profilveränderungen sind von der Betriebsführung und der Art der Instandhaltung abhängig:

- *Verschleiß an Spurkranz-Rückenflanken und an den Leitflanken von Rillenschienen, wenn das Rad häufig am Radrücken geführt wird. Dies ist insbesondere dann zu erwarten, wenn Verschleiß an der Fahrflanke der gegenüberliegenden Schiene nicht rechtzeitig (z. B. durch Aufschweißen) ausgeglichen wird.*
- *In Bogengleisen Herausbildung einer „Stufe“ an der Fahrflanke entsprechend dem mittleren Verschleiß-Spurkranzprofil*
- *Verschleiß und Verdrücken von Material an der Spurkranzkuppe, wenn in größerem Umfang Flachrillen oder der Rillenboden von Rillenschienen befahren werden.*

Neuprofile und Verschleißgrenzprofile sind zu dokumentieren. Wenn beide Radprofile (neu / abgenutzt) mit beiden Schienenkopfprofilen (neu / abgenutzt) verträglich und die festgelegten Verschleißgrenzmaße eingehalten sind, können die Anforderungen nach Abschn. 3.1 als erfüllt angesehen werden.

Durch Verändern des Rad-Neuprofils in kleinen Schritten kann eine Anpassung an das Verschleißprofil und damit optimale Nutzungsdauer der Räder und der Schienen erreicht werden. Diese Profilveränderungen dürfen aber nur unter sorgfältiger Beobachtung der Bremseigenschaften, insbesondere der sich im Betrieb einstellenden Profilveränderungen sowie der „Stufen“-Bildung an der Fahrflanke, vorgenommen werden.

3.2 Sicherheit gegen Entgleisen durch Aufklettern

Die Sicherheit gegen Entgleisen durch Aufklettern ist im Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und Fahrweg zu sehen und wird wesentlich beeinflusst von

- Gleislage (Anrampungen)
- Fahrgeschwindigkeit
- Spurkranzhöhe
- Spurkranzform
- Kopfeckabrundung der Schiene
- Kurveneinstellbarkeit und Verwindungsweichheit der Fahrwerke
- Federungsverhalten von Rad und Schiene
- Kraftschlussbeiwerten zwischen Rad und Schiene

Die Spurkranzhöhe muss abgestimmt sein mit

- Rillentiefe, insbesondere bei Flachrillen
- Kopfeckabrundung der Schiene
- Abrundung der Spurkranzkuppe
- kleinstem Raddurchmesser
- Ausführung der Weichenzungen (Abschnitt 3.10.2)

Sie darf nicht kleiner sein als

- 18 mm beim Betriebssystem S
- 26 mm bei den Betriebssystemen E und M

Anmerkung 7

Spurkranzrückenführung in Gleisbögen soll vermieden werden, weil das so geführte Rad durch die Fliehkraft-Kippmomente entlastet wird. Um das zu erreichen, ist rechtzeitiges Aufschweißen der Fahrflanken erforderlich.

Wenn (Entgleisungs-) Schutzschienen eingebaut werden müssen, sollen sie so weit von der Innenschiene abgesetzt sein, dass sie auch bei maximalem Verschleiß an Außenschiene und Spurkranzstirn vom Radrücken nicht berührt werden. (Einzelheiten siehe VDV-Oberbau-Richtlinien)

In Gleisbögen verlagert sich der Berührungspunkt zwischen Fahrflanke und Spurkranzstirnflanke von der Radmeridianebene aus betrachtet nach vorn bzw. hinten und im Bereich der Spurkranzkuppenabrundung an der Schienenfahrflanke auch nach oben. Dieser Berührungspunkt darf bei Gleisbögen mit kleinem Halbmesser (bei großen Anfahrwinkeln) nur soweit in den Bereich der Spurkranzkuppenabrundung wandern, dass die Sicherheit gegen Entgleisen durch Aufklettern erhalten bleibt. Wenn der Berührungspunkt in diesen Bereich wandert, sind Maßnahmen zur Erhöhung der Entgleisungssicherheit vorzusehen. Fahrzeugkonstruktion (z.B. Achsabstand, Raddurchmesser, Radsatzanlenkung), Spurspiel, maximale Spurkranzhöhe und größter zulässiger Spurkranz-Stirnwinkel sind entsprechend zu berücksichtigen.

Der Spurkranz-Stirnwinkel β_S wird nach oben durch das kleinste zulässige q_R - Maß (Bild 5a und Bild 5b) begrenzt.

Anmerkung 8

Der Gleisbogenhalbmesser, bei dem die Berührung mit der Spurkranz-Abschnittsfläche am Übergangspunkt von der Spurkranzflanke zur Spurkranzkuppenabrundung auftritt, ist der Grenz-Gleisbogenhalbmesser hinsichtlich zusätzlicher Maßnahmen zur Erhöhung der Entgleisungssicherheit. Aufgrund betrieblicher Erfahrungen wird empfohlen, in Gleisanlagen aus rillenlosen Schienen bei Gleisbögen mit R < 50 m einen Entgleisungsschutz vorzusehen.

3.3 Spurweite und Spurmaß

3.3.1 Grundsatzkriterien

Spurweite und Spurmaß müssen unter Berücksichtigung der Herstellungstoleranzen und der Verschleißgrenzwerte von Gleis und Radsatz, der Radsatzdurchbiegung und des Spurspiels so aufeinander abgestimmt sein, dass einerseits zwischen den Fahrflanken kein Zwängen auftritt (Abschnitt 3.8) und andererseits die kleinste zulässige Radaufstandsbreite (Abschnitt 3.6) nicht unterschritten wird. Außerdem sind die Leitweiten und Leitmaße aufeinander abzustimmen (Abschnitt 3.5).

Das Grundmaß der Spurweite in der festgelegten Messebene (Abschnitt 2.2) beträgt

- bei Regelspur 1435 mm
- bei Meterspur 1000 mm.

In bestehenden Netzen gelten abweichende Grundmaße der Spurweite weiterhin.

Das Nennspurmaß muss entsprechend dem gewählten Spurspiel aus dem Grundmaß der Spurweite abgeleitet und über die Grenzwertbetrachtung nach Abschnitt 3.3.2 überprüft werden.

Anmerkung 9

Das Spurspiel soll unter Berücksichtigung der Abschnitte 3.3.2 und 3.3.3 so gewählt werden, dass

- *möglichst ruhiges Fahrverhalten*
- *möglichst geringer Verschleiß*

erreicht wird.

Bei Bahnen mit dem Betriebssystem S wird ein mittleres Spurspiel im Neuzustand von mindestens 5 mm empfohlen,
bei Bahnen mit dem Betriebssystem E oder M ist ein Mindest-Spurspiel zwischen der Nennspurweite und dem Größtwert des Spurmaßes von 9 mm erforderlich.

Die sich für das Spurmaß ergebende Differenz zwischen dem leeren und dem voll beladenen Zustand des Fahrzeugs muss von dessen Hersteller angegeben werden und ist bei Aufstellung der Quermaß-Tabelle ebenso zu berücksichtigen wie die Veränderungen aufgrund der Nachgiebigkeit querelastischer Räder. Bei vorhandenen Fahrzeugen kann auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden.

3.3.2 Grenzwerte

Die größte Spurweite darf nicht größer und das kleinste Spurmaß nicht kleiner sein, als es in Abstimmung mit den Gleis- bzw. Radsatz-Abmessungen für die kleinste Radaufstandsbreite zulässig ist (Abschnitt 3.6). Hierbei sind vor allem Tiefrillen im

Herzstückbereich zu berücksichtigen.

Für das größte zulässige Spurmaß gilt unter Berücksichtigung der in Abschnitt 3.3.1 genannten Kriterien:

$s_{max} < S_{min}$ (kleinste Spurweite)

3.3.3 Spurweiten-Anpassungen in Gleisbögen

Vergrößerungen (Aufweitungen) oder Verkleinerungen (Verengungen) der Spurweite in Gleisbögen sind festzulegen in Abhängigkeit von

- Mindestspurspiel
- Gleisbogenhalbmesser
- Abstand starr gekuppelter Achsen
- Raddurchmesser
- Radreifenbreite
- Spurkranzstirnwinkel
- Spurkranzhöhe

Anmerkung 10

Spurerweiterungen können geringer gehalten werden, wenn z. B. an Fahrzeugen mit größerem Achsabstand das Spurmaß zurückgenommen wird. Dies kann insbesondere bei Fahrzeugen, die vorwiegend auf Rillenschienen fahren, und bei Sonderfahrzeugen mit geringen Laufleistungen sinnvoll sein.

Es ist sinnvoll und zulässig, in Gleisbögen die Spurweite zu Lasten des Spurspiels zu vermindern, weil dadurch der Spurspiel bedingte Schrägfahrwinkel kleiner gehalten werden kann.

3.4 Leitkanten- bzw. Rillenkanten- und Leitkreis- bzw. Radrücken-Abstand

Leitkanten- bzw. Rillenkanten- und Leitkreis- bzw. Radrücken-Abstand müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass ein Zwängen von Radsätzen zwischen Leit- bzw. Rillenflanken verhindert wird, d.h. der größte Leitkanten- bzw. Rillenkanten-Abstand K_{max} muss kleiner sein als der kleinste Leitkreis- bzw. Radrücken-Abstand k_{min} bzw. r_{min} (Abschnitt 3.8):

$$K_{max} < k_{min} \quad \text{bzw.} \quad K_{max} < r_{min}$$

Als kleinster Leitkreisabstand k_{min} bzw. kleinster Radrückenabstand r_{min} gilt der unter Berücksichtigung der Herstellungstoleranzen (Radrückenabstand) und der betrieblichen Einflüsse (z. B. Radsatzdurchbiegung, Rad-Querelastizität) kleinstmögliche Leitkreis- bzw. Radrücken-Abstand.

3.5 Leitweite und Leitmaß

Leitweite und Leitmaß sind unter Berücksichtigung

- von Fahrwerken, deren Räder gleisbogenabhängig veränderliche Quermaß-Abstände aufweisen
- von Auswirkungen querelastisch gelagerter Radreifen

so aufeinander abzustimmen, dass die Führung der Räder möglichst an den Spurkranzstirnflächen und nur bei Leiteinrichtungen an den Spurkranzrückenflächen erfolgt.

3.6 Radbreite

Die Radbreite muss so bemessen sein, dass auch im Abnutzungszustand von Schienen und Rädern und bei Berücksichtigung der im Gleis maximal möglichen seitlichen Verschiebung von quer nachgiebigen Rädern eine ausreichende Radaufstandsbreite (insbesondere im Herzstückbereich) vorhanden ist.

Die Radbreite soll folgende Mindestwerte nicht unterschreiten:

- beim Betriebssystem S: 95 mm
  (um weitgehend Tiefrillenherzstücke verwenden zu können, wird eine Radbreite von mindestens 105 mm empfohlen)
- bei den Betriebssystemen E und M: 130 mm

Anmerkung 11

Die Mindest-Radaufstandsbreite kann in Abhängigkeit vom Raddurchmesser im abgenutzten Zustand, von der größten Radaufstandskraft und von der zulässigen Flächenpressung des Schienen- und des Rad-Werkstoffes nachgewiesen werden (Anhang 4).

Auch bei maximaler Annäherung des Rades an die Rillenflanke bzw. die Flügelschiene des Herzstückes soll die Mindest-Radaufstandsbreite ständig verfügbar sein.

Ist das Einhalten der Mindest-Radaufstandsbreite für Tiefrillen nicht möglich, so ist der Übergang zu Flachrillen-Herzstücken nicht zu vermeiden.

3.7 Rillenweite, Spurkranzbreite und Spurkranzdicke

Rillenweite und Spurkranzbreite müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass kein Zwängen der Spurkränze in den Spurrillen auftritt. Dies ist – in Abhängigkeit vom Raddurchmesser und von der Fahrwerkskonstruktion – besonders im Bereich von Gleisbögen zu berücksichtigen (Abschnitt 3.8)

Im Verkehrsraum öffentlicher Straßen darf die Rillenweite bei Gleisen in gleichlaufenden Straßenfahrbahnen im geraden Gleis nicht größer als 45 mm, im Bogen und im Bereich der Zungenspitzen von Weichen nicht größer als 60 mm sein.

Der Spurkranz muss im Abnutzungszustand noch so dick sein, dass er die auftretenden Kräfte sicher aufnehmen kann.

Bei den Betriebssystemen S und M darf die Spurkranzdicke 11 mm und beim Betriebssystem E 20 mm nicht unterschreiten.

Für das Befahren von EBO-Netzen sind auch die Werte für die Spurkranzbreite nach EBO (dort als „Spurkranzdicke“ bezeichnet) einzuhalten.

Anmerkung 12

Die Mindestbreite der Spurkranzkuppe kann (unter Berücksichtigung des Auflaufens in Flachrillen) in Abhängigkeit vom Raddurchmesser im abgenutzten Zustand, von der größten Radaufstandskraft und von der zulässigen Flächenpressung des Radreifenwerkstoffes nachgewiesen werden (Anhang 4).

3.8 Fahrzeugspezifische Spurführungsanpassungen

Sind in einem Gleisnetz in geringer Anzahl Fahrzeuge vorhanden, deren Radachsabstand und/oder Raddurchmesser deutlich größer ist als der der übrigen Fahrzeuge und deren Fahrstrecken im allgemeinen kürzer sind (z.B. Arbeitswagen und Museumsfahrzeuge), so ist bei diesen Fahrzeugen unter Beachtung der spurführungstechnischen Grundregeln eine Spurkranzschwächung stirnseitig zur zwängungsfreien Befahrbarkeit von Gleisbögen mit kleinen Radien und rückenseitig zur zwängungsfreien Befahrbarkeit enger Rillen vorzusehen.

3.9 Rillentiefe und Spurkranzhöhe

Rillentiefe und Spurkranzhöhe müssen aufeinander abgestimmt sein. Bei Tiefrillen ist die Höhenabnutzung des Schienenfahrkopfes bis zur Berührung des Spurkranzes mit dem Rillenboden zulässig. Sofern es zum Auffahren auf den Rillenboden kommt, ist das verminderte Bremsvermögen der Fahrzeuge zu berücksichtigen.

Elastisch nachgiebige Einrichtungen zur Abdeckung der Spurrillen dürfen die sichere Spurführung der Räder der Schienenfahrzeuge nicht beeinträchtigen.

Bei Flachrillen muss die größte Rillentiefe kleiner sein als die Mindest-Spurkranzhöhe, da Flachrillen eine Höhenabnutzung des Spurkranzes verursachen. Flachrillen sollen daher nach Möglichkeit vermieden werden. Bei erforderlichen Flachrillen sind die Gleismaße dem abweichenden Raumbedarf der Räder anzupassen.

3.10 Weichen und Kreuzungen

3.10.1 Bezeichnungen und Besonderheiten

Die Bezeichnung von Weichen erfolgt bei Betrachtung von den Zungen her in Richtung Herzstück. Bei Kreuzungen ist der Betrachtungsstandort der Schnittpunkt der Gleisachsen (Bild 6 und Bild 7).

Je nach Lage des Herzstücks innerhalb der Weichenanlage sind konstruktiv und nach der Art der Bemessung Einfache Herzstücke (EH) und Doppelte Herzstücke (DH) zu unterscheiden:

Bei Einfachen Herzstücken (Bild 6, Bereiche I und IV) liegt dem Herzstück in der Regel ein Radlenker mit verengter Rillenweite gegenüber.

Dieser spurführungstechnisch günstigste Fall tritt vor allem bei Weichen auf. Hierbei soll die Spurführung ausschließlich vom Radlenker übernommen werden, auch im Verschleißgrenzzustand der Radlenkerfahr- und -leitflanke. Für die dort mögliche Spurkranzrückenführung an der Leitflanke darf der Berührungspunkt an der Spurkranzrückenflanke bei Gleisbögen mit kleinen Halbmessern (bei großen Anfahrwinkeln) nur so weit in den Bereich der Spurkranzkuppenabrundung wandern, dass die Sicherheit gegen Entgleisen durch Aufklettern erhalten bleibt.

Bei Doppelten Herzstücken (Bild 6, Bereiche II und III) liegen sich innerhalb eines Gleises zwei Herzstücke in Längsrichtung so dicht gegenüber, dass jeweils das eine Herzstück mit seiner Rillenweite zum Radlenker für das andere Herzstück wird, da die erforderlichen Übergangslängen für die Veränderung der Rillenweiten nicht vorhanden sind. Daher müssen die beiden Rillen des Gleises in diesem Bereich die gleiche Rillenweite erhalten. Unter Beachtung der Herstellungstoleranzen und zur Vermeidung von Zwängen sind die Rillenweiten zu minimieren.

Dieser spurführungstechnisch nicht ideale Fall tritt vor allem bei Kreuzungen und im Zweiggleis von Gleisverbindungen auf. Hier wird die Spurführung gleichmäßig von beiden Rillen übernommen. Dabei wird vom Verschleißzustand des Radsatzes bestimmt, mit welchen Anteilen die Führung durch die Fahr- bzw. die Leitflanke erfolgt.

Im Sonderfall kann es auch bei Einfachen Herzstücken notwendig sein, das Bemessungsprinzip „Doppeltes Herzstück“ anzuwenden (Bild 8).

Die Herzstückspitze ist der Schnittpunkt zweier sich kreuzender Fahrkanten.

Die Rillenkantenspitze ist der Schnittpunkt zweier sich kreuzender Rillenkanten.

Die Leitkantenspitze ist der Schnittpunkt zweier sich kreuzender Leitkanten.

Bei Rillenschienen-Weichen nach dem Konstruktionsprinzip „Einfache Herzstücke“ liegt der Herzstückspitze die spurführungstechnisch funktionslose Rillenkantenspitze gegenüber.

Bei Anwendung des Konstruktionsprinzips „Doppeltes Herzstück“, welches unter anderem in Kreuzungen vorkommt, liegt der Herzstückspitze eine Leitkantenspitze gegenüber, weil in diesem Fall beide Rillenkanten als Leiteinrichtungen Radlenkerfunktion übernehmen.

Die beiden anderen Kantenschnittpunkte im Herzstückbereich neben der Herzstückspitze und der Rillenkanten- bzw. Leitkantenspitze sind Nebenspitzen. Eine Nebenspitze ist dadurch gekennzeichnet, dass sich in ihr jeweils eine Fahrkante und eine Rillenkante bzw. Leitkante schneiden. Bei Blickrichtung von der Rillenkanten- bzw. Leitkantenspitze zur Herzstückspitze hin unterscheiden sie sich in rechte und linke Nebenspitze.

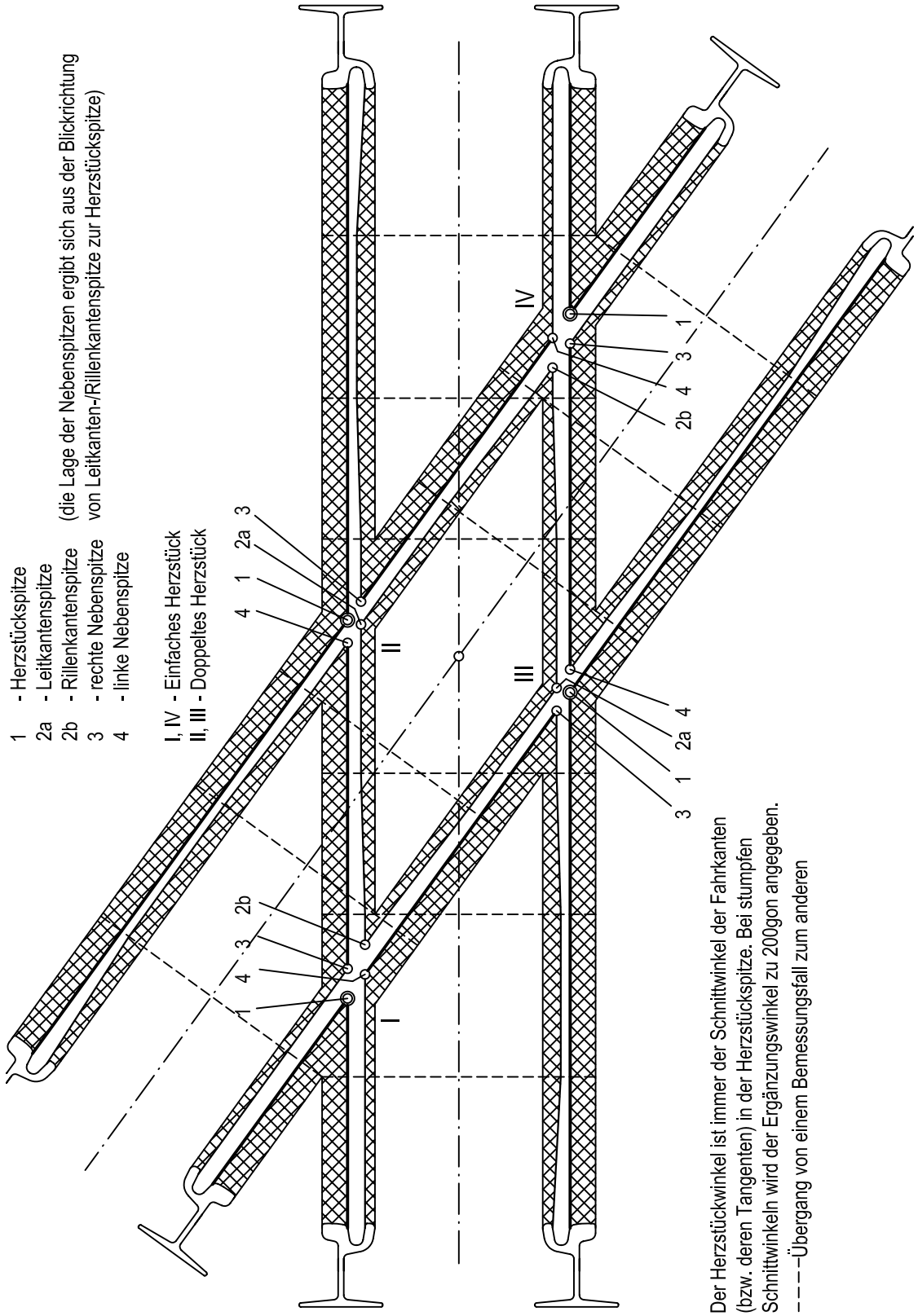
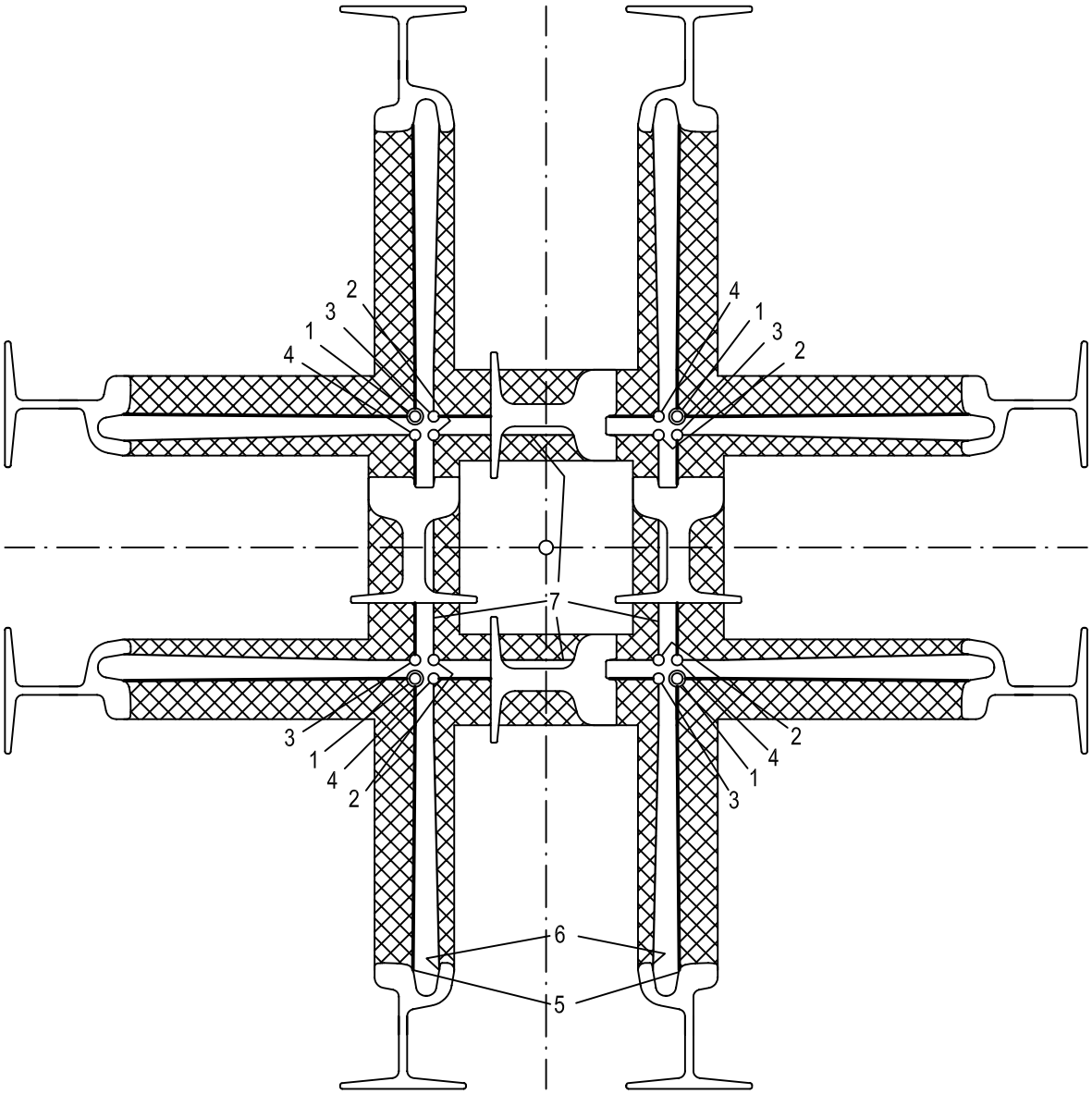


Bild 6: Bezeichnungen am Herzstück
(Beispiel:
schiefwinklige Tiefrillen-Kreuzung in Rillenschienen-Ausführung)



1 - Herzstückspitze
2 - Leitkantenspitze
3 - rechte Nebenspitze
4 - linke Nebenspitze
5 - Fahrkante
6 - Rillenkante
7 - Leitkante

(die Lage der Nebenspitzen ergibt sich aus der Blickrichtung von Leitkantenspitze zur Herzstückspitze)

Bild 7: Bezeichnungen am Herzstück
(Beispiel: 90°-Flachrillen-Kreuzung in Rillenschienen-Ausführung)

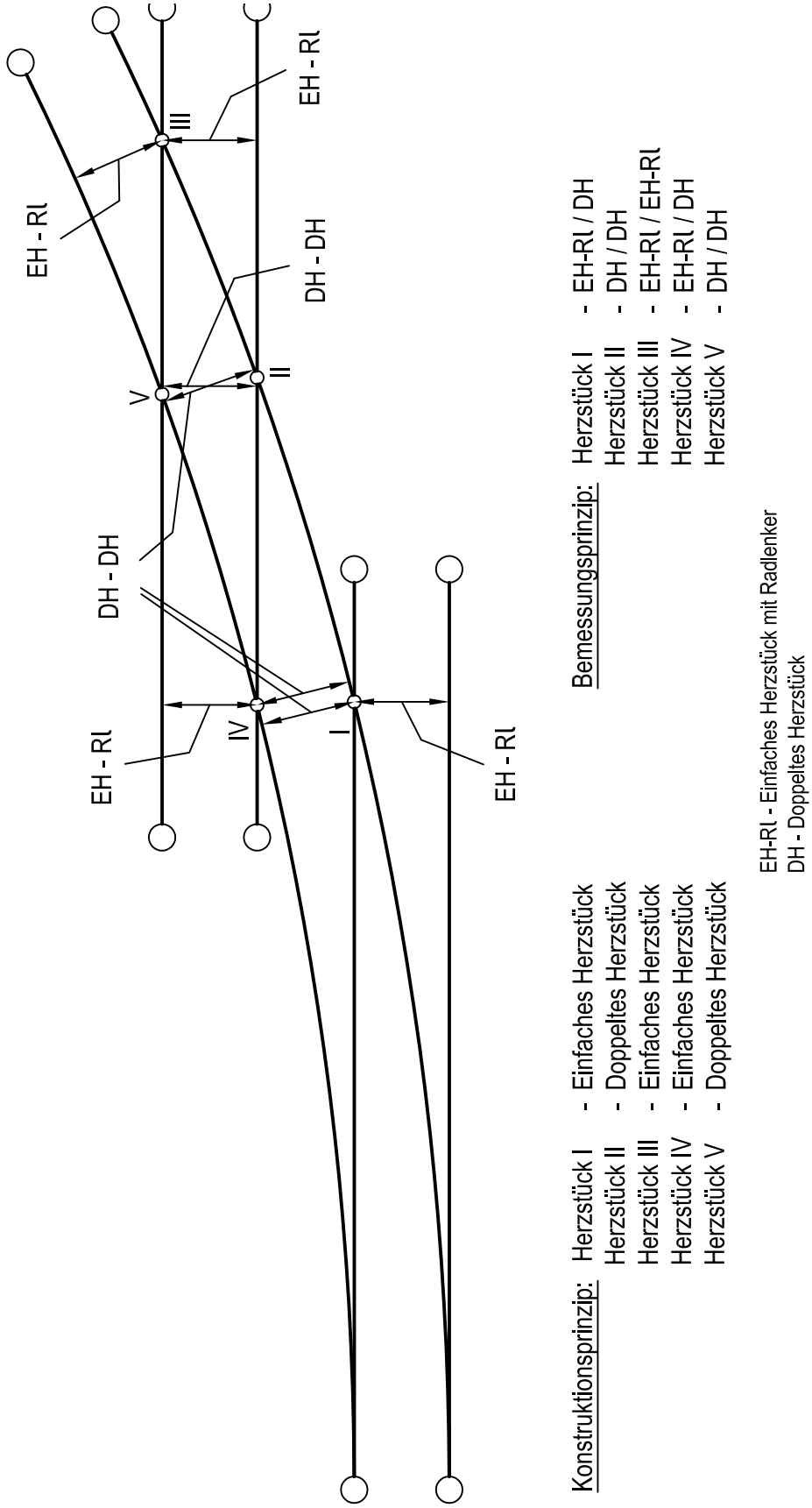


Bild 8: Bemessung von Herzstücken

3.10.2 Zungenbereich

Im Anlagebereich von Zungen- und Backenschiene kann die Zunge unterschlagend oder eingelassen ausgebildet werden (Bild 9a und Bild 9b). Spurführungstechnisch ist die unterschlagende Variante zu bevorzugen, da dort die durchgehende Fahrkante der Backenschiene nicht verletzt wird. Bei abnehmenden Spurkranzhöhen sowie Gleisbogenhalbmessern < 100 m (in und unmittelbar vor Zungenvorrichtungen) ist die eingelassene Form anzuwenden, um beim Auftreten des Klaffmaßes Q ein Aufsteigen des Rades auf die Zungenspitze auszuschließen.

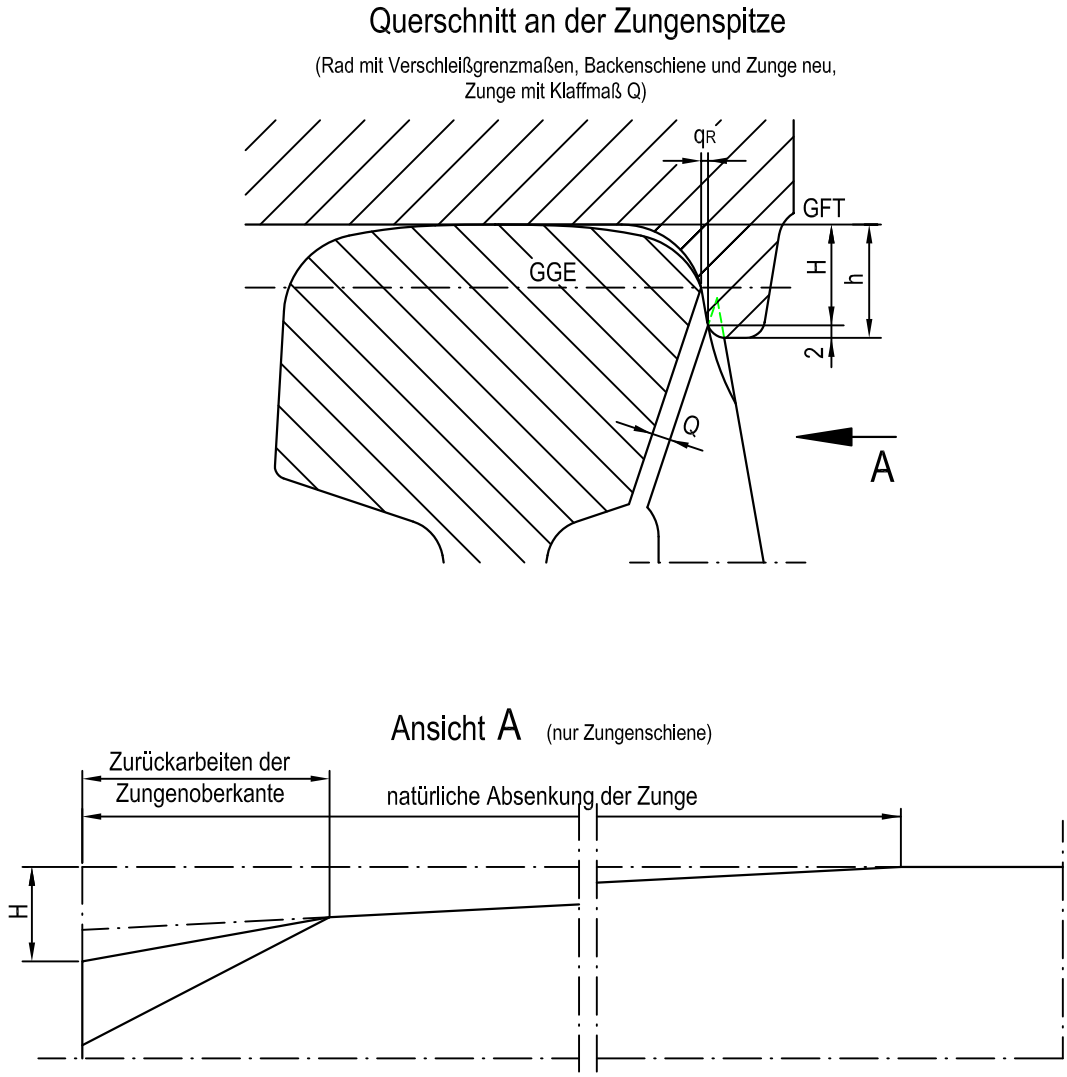


Bild 9a: Klaffmaß bei unterschlagenden Zungen

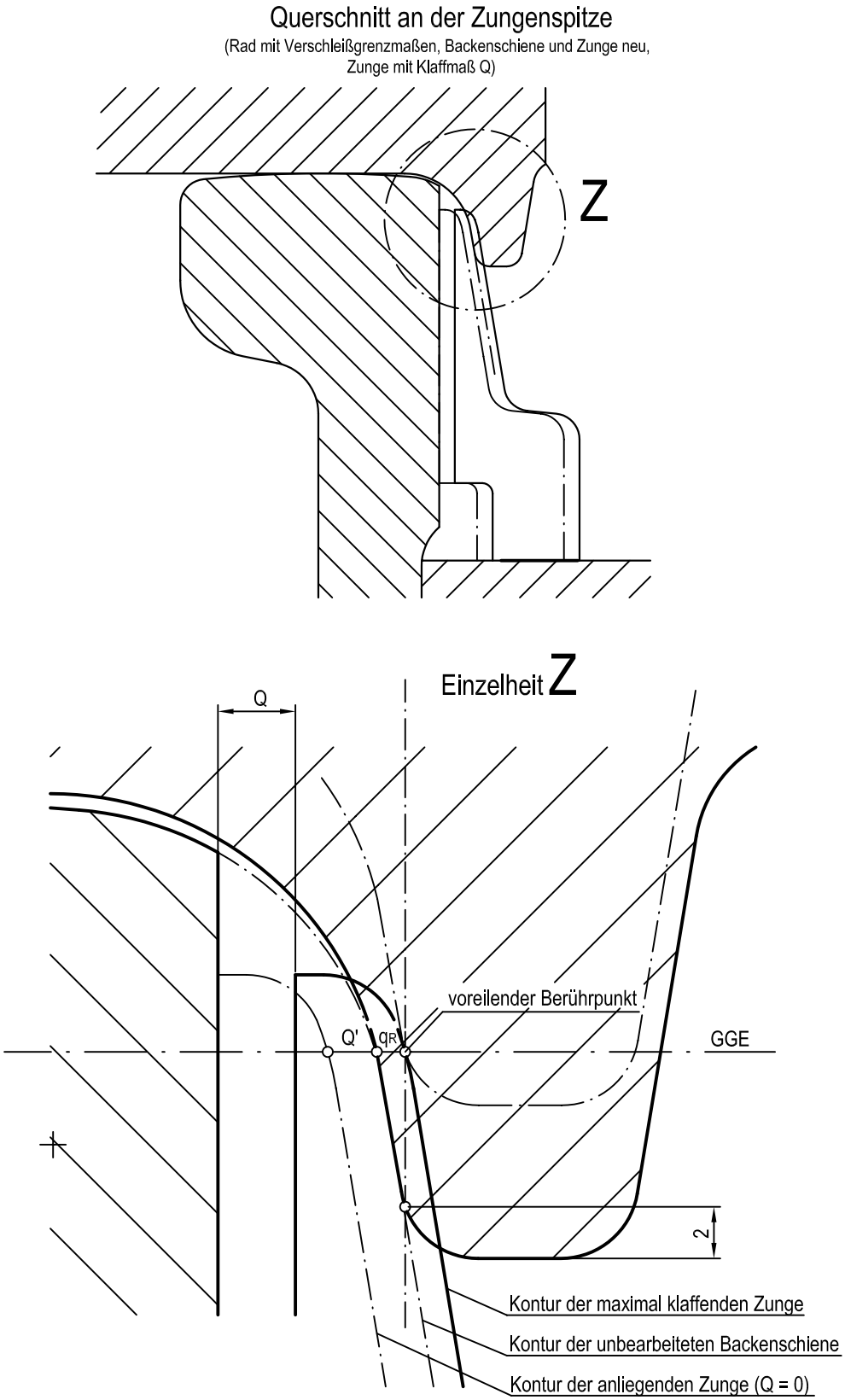


Bild 9b: Klaffmaß bei eingelassenen Zungen

Anmerkung 13

Der Abstand zwischen abliegender Zunge und zugehöriger Backenschiene soll so bemessen sein, dass die Zunge beim Befahren der Backenschiene vom Spurkranzrücken möglichst nicht berührt wird.

Bei Weichen, die vorwiegend über einen Strang befahren werden, stellen sich zwischen den häufig und den selten befahrenen Bereichen von Zungen und Backenschienen Höhendifferenzen ein. Diese dürfen das sichere Befahren nicht beeinträchtigen.

Das Klaffmaß Q ist ein praktisch unvermeidbares Maß, dessen maximale Größe festgelegt werden muss.

Für <u>unterschlagende</u> Zungen gilt:

Um das maximal zulässige Klaffmaß einhalten zu können, müssen die Zungen im Bereich der Zungenspitzen an der Oberkante eine zusätzliche Abarbeitung erhalten, durch die die potentielle Berührungsfläche mit der Spurkranzstirnflanke zurückgenommen wird. Die maximal zulässige Zungenspitzenabsenkung (durch Zurückarbeiten der Zungenfahrflanke) muss die kleinste Spurkranzhöhe in jedem Betriebszustand mindestens 2 mm überdecken (siehe auch Anmerkung 5):

$$H_{max} \leq h_{min} - 2\ mm$$

Für <u>eingelassene</u> Zungen gilt:

Entsprechend dem kleinsten zulässigen Stirnflanken-Quermaß (q_R-Maß) kann ein Klaffen der Zunge über das Fahrflankenprofil der unbearbeiteten Backenschiene hinaus zugelassen werden. Die Differenz bis zum maximalen Klaffmaß muss über eine zusätzliche Einlassung in die Backenschiene realisiert werden. Diese zusätzliche Einlassung beträgt:

$$Q' = Q - q_R$$

3.10.3 Herzstückbereich

Herzstück- und Rillenkantenspitzen dürfen in keinem Betriebszustand von Spurkränzen so angefahren werden, dass die Spurkränze aufsteigen.

Bei Einfachen Herzstücken sollen die Herzstückflanken nicht angefahren werden.

Anmerkung 14

Um bei Seitenverschleiß an Herzstückflanken ein Anfahren der Herzstückspitzen zu vermeiden, müssen die entsprechend der Fahrtrichtung gefährdeten Herzstückspitzen ausreichend zurückgearbeitet werden, z.B. 2 mm auf 100 mm Länge (Neigung 1 : 50).

Dies gilt generell auch für Doppelte Herzstücke.

Beim Betriebssystem S kann es für die Realisierung von Tiefrillenherzstücken notwendig werden, das Spurspiel im Herzstückbereich zu verringern. Zur Bemessung mit minimalen Rillenweiten und zur Vermeidung von Zwängungskräften wird im Gegensatz zum Streckengleis eine Fahrkopfprofilierung empfohlen, die beim seitlichen Anfahren des Spurkranzes zur Zweipunktberührung führt.

Als parallele Führungslänge der Radlenker bzw. Leitkanten ist der doppelte Achsabstand im Drehgestell anzustreben, zumindest wird der einfache Achsabstand empfohlen.

Radlenker-Einläufe sollen mit angemessen flachen Neigungen ausgeführt sein (siehe VDV-Oberbau-Richtlinien, Kapitel 14).

Nur wenn die Mindest-Radaufstandsbreite (Abschnitt 3.6) nicht bei allen Betriebszuständen gewährleistet ist, dürfen Flachrillenherzstücke verwendet werden.

Bei nicht ausreichender Mindest-Radaufstandsbreite bzw. bei Überschneidungen von Spurkranzflanken mit Herzstück-Fahr- bzw. -Rillenflanken kann bei Einfachen Herzstücken zur Realisierung der Tiefrille auch die Bemessung nach den Grundsätzen der Doppelten Herzstücke (Abschnitt 3.10.1) erfolgen. Hierbei muss dann ein Seitenverschleiß an den Flanken der Herzstückrille berücksichtigt werden.

Als größtes / kleinstes Radsatzleitmaß (l_{max} bzw. l_{min}) gilt das unter betrieblichen Einflüssen (Verschleiß, Radsatzdurchbiegung, Rad-Querelastizität) größt- bzw. kleinst-

mögliche Radsatzleitmaß.

Bei der größten Spurkranzdicke darf es – unter Berücksichtigung der Herstellungstoleranzen – in der engsten Radlenkerrille nicht zum Zwängen des Spurkranzes kommen.

Für Herzstücke mit beweglichen Teilen zum Schließen der Herzstücklücke sind die Hinweise für Weichenzungen unter Abschnitt 3.10.2 entsprechend anzuwenden.

Wenn Fahrkantenunterbrechungen, bei denen beide Räder eines Radsatzes vom Gleis her nicht geführt werden, beim Trassierungsentwurf der Weichen- und Kreuzungsanlagen nicht vermieden werden können, sind besondere Maßnahmen zur Sicherung der Spurführung vorzusehen.

Unter Beachtung der vorgenannten Punkte sind für den Verschleiß an Spurkränzen, Fahrschienen und Leiteinrichtungen Grenzwerte festzulegen.

Anmerkung 15

Als Maßnahmen zur Sicherung der Spurführung an Fahrkantenunterbrechungen kommen z.B. in Frage:

a) fahrzeugseitig

- *Vergrößerung des Raddurchmessers*
- *Vergrößerung der Mindest-Spurkranzhöhe*
- *Verkleinerung des zulässigen Spurkranzstirnwinkels*
- *starre Verbindung mehrerer Radsätze*

b) gleisseitig

- *Ausrüstung der Weiche mit beweglichen Herzstückspitzen*
- *Verkleinerung der Rillenweite*
- *Zurücknehmen der Herzstück- und der Leitkantenspitzen*
- *Überhöhung der Leiteinrichtungen (soweit die Anordnung der Schienenbremsen und die Radkonstruktion dies zulassen)*

---

4 Quermaß-Nachweis

4.1 Allgemeines

Von jedem Verkehrsunternehmen sind die für seinen Bereich geltenden – mit Toleranzen versehenen – Neumaße und Verschleißgrenzmaße für die Räder und die Gleise zu dokumentieren. Hierfür wird eine Quermaß-Darstellung (tabellarisch und zeichnerisch) empfohlen, die alle im Netz verkehrenden Fahrzeuge und die vorhandenen Oberbauformen berücksichtigt. Die Grundlage für die Quermaßdarstellung ist der Quermaß-Nachweis, der – unter Berücksichtigung betrieblicher Erfahrungen – mit geeigneten rechnerischen oder grafischen Verfahren zu führen ist.

Generell unterscheiden sich der Neuzustand und der Verschleißgrenzzustand voneinander. Dazwischen liegen unterschiedliche Verschleißzustände. Es ergeben sich theoretisch die nachstehenden vier Extremfall-Konstellationen:

- Neuzustand des Gleises / Neuzustand des Radsatzes
- Neuzustand des Gleises / Verschleißgrenzzustand des Radsatzes
- Verschleißgrenzzustand des Gleises / Neuzustand des Radsatzes
- Verschleißgrenzzustand des Gleises / Verschleißgrenzzustand des Radsatzes

Die Einzelnachweise, die als funktionsbezogene Nachweise angesetzt werden, sind jeweils nur für die ungünstigsten Konstellationen zu führen. Aus den Erfahrungen der Praxis kann abgeleitet werden, dass in der Regel der Spurkranzstirnverschleiß größer als der Spurkranzrückenverschleiß ist, weil die Führung an der Spurkranzrückenflanke, die möglichst zu vermeiden ist, seltener auftritt (d.h. das Leitmaß wächst nicht). Dies wurde als Annahme bei den nachfolgend aufgeführten Einzelnachweisen zugrunde gelegt.

Anmerkung 16

Im Quermaß-Nachweis sollen die spurführungstechnisch relevanten Maße (ggf. Neumaße mit Herstellungstoleranzen sowie Verschleißgrenzmaße) dokumentiert sein. Dies sind insbesondere:

*a) für die **Räder und Fahrwerke** sämtlicher auf dem Gleisnetz fahrenden, betriebsbereiten, leeren Fahrzeuge*

- *Achsabstände*
- *Nennspurmaß*
- *Maßveränderungen bei Beladung (z.B. infolge Achsdurchbiegung)*
- *Besonderheiten der Fahrwerke (z.B. Einzelräder, Radpaare, Lenkachsen, Innen- bzw. Außenlagerung)*
- *Lage der Spurmaß-Messgeraden*
- *Radprofile mit den Kenngrößen:*
  - *Raddurchmesser*
  - *Radprofilbreite*
  - *Spurkranzhöhe*
  - *Spurkranzdicke*
  - *Stirnflanken-Quermaß (q_R - Maß)*
  - *Spurkranzkehlen-Ausrundung*
  - *Spurkranz-Stirnwinkel*
  - *Spurkranz-Rückenwinkel*
  - *Fahrflächenkontur*
  - *Querfederweg zwischen Radreifen und Radscheibe*

*b) für die **Gleisanlagen***

- *Spurweite*
- *kleinster Bogenradius (Strecke, Weichenanlagen)*
- *Schienenprofile*
- *Einbauneigung des Schienenprofils*
- *Lage der Spurweiten-Messebene des Gleises zur GFT*

c) Spurspiel

*d) zusätzlich für **Weichen und Kreuzungen** radiusabhängig und ggf. abhängig von den Paarungen Tiefrille / Tiefrille, Flachrille / Flachrille und Tiefrille / Flachrille:*

- *Spurweite im Herzstückbereich*
- *Leitweite über Radlenkerrille*
- *Leitweite über Herzstückrille*
- *Mindest-Radaufstandsbreite im Herzstückbereich*
- *Bereich, in dem Tiefrillen-Herzstücke einzusetzen sind*
- *Rillenweite am Herzstück*
- *Rillenweite am Radlenker*
- *Radlenkerhöhe über GFT (nur bei Anlagen aus rillenlosen Schienen)*
- *maximal zulässiges Klaffmaß der Zungenspitze*
- *Besonderheiten (z. B. an Doppelten Herzstücken)*
- *sonstige Annahmen und Festlegungen*

Rechnungen zum Ermitteln von Maßen sind mit der jeweils erforderlichen Genauigkeit auszuführen; Endmaße sind praxisgerecht so auf Millimeter zu runden, dass sich die Sicherheit der Spurführung nicht verschlechtert. Die Voraussetzungen (Randbedingungen) und der Rechengang sind nachvollziehbar darzulegen.

Die Quermaß-Darstellung kann nach Anhang 2 bzw. in Anlehnung an das Berechnungsbeispiel im Anhang 3 ausgeführt werden.

Bei der Berechnung der Quermaße zum Quermaß-Nachweis sind für die Spurweite die Herstellungstoleranzen von üblicherweise ± 2 mm zu berücksichtigen, bei der Rillenweite ist eine Herstellungstoleranz von üblicherweise + 1 mm und für Radsätze beim Spurmaß sowie bei der Spurkranzdicke eine Herstellungstoleranz von üblicherweise - 1 mm zu berücksichtigen.

Bei der Zusammenstellung der in der Quermaß-Tabelle auszuweisenden Maße, Herstellungstoleranzen und Verschleißgrenzwerte für Weichen und Kreuzungen wird folgendes Vorgehen empfohlen:

Zur Festlegung der Maße ist zunächst die für den zwängungsfreien Durchlauf von Rädern mit neuen Spurkränzen erforderliche Mindest-Spur- und -Rillenweite zu bestimmen. Dies ist modellhaft durch Heranrücken von Fahr- und Rillen- bzw. Leitflanken bis zum Berühren des

Radsatzes bzw. der starr miteinander verbundenen Radsätze eines Fahrwerks vorzunehmen. Dabei ist zu beachten, dass sich der Platzbedarf des Spurkranzes an einem schräg zur Gleisachse stehenden Rad vergrößert. Dann sind die Fahr- und Rillen- bzw. Leitflanken soweit auseinander zu ziehen, dass für alle Verschleiß- und Toleranzzustände sichere Berührungsverhältnisse und ein die Grenzmaße nicht über- oder unterschreitendes Spurspiel zwischen Gleis und Radsatz entstehen.

Somit sind im Rahmen eines Quermaß-Nachweises folgende Einzelnachweise zu führen:

4.2 Einzelnachweise

Die Einzelbetrachtungen werden für das gerade Gleis angestellt, nach Gleisanlagen-Bereichen unterschieden und auf die GGE bezogen (Abschnitt 2.2). Die für das gerade Gleis angestellten Einzelbetrachtungen sind durch Berücksichtigung des zusätzlichen Platzbedarfes in Gleisbögen zu ergänzen.

4.2.1 Streckengleis

(vgl. hierzu Bild 10a und Bild 10b)

- Nachweis: kein Zwängen zwischen den Fahrflanken

  $S_{min} - s_{max} > 0$

  (Gleis und Radsatz im Neuzustand)

- Nachweis: kein Zwängen zwischen den Rillen- und Leitflanken

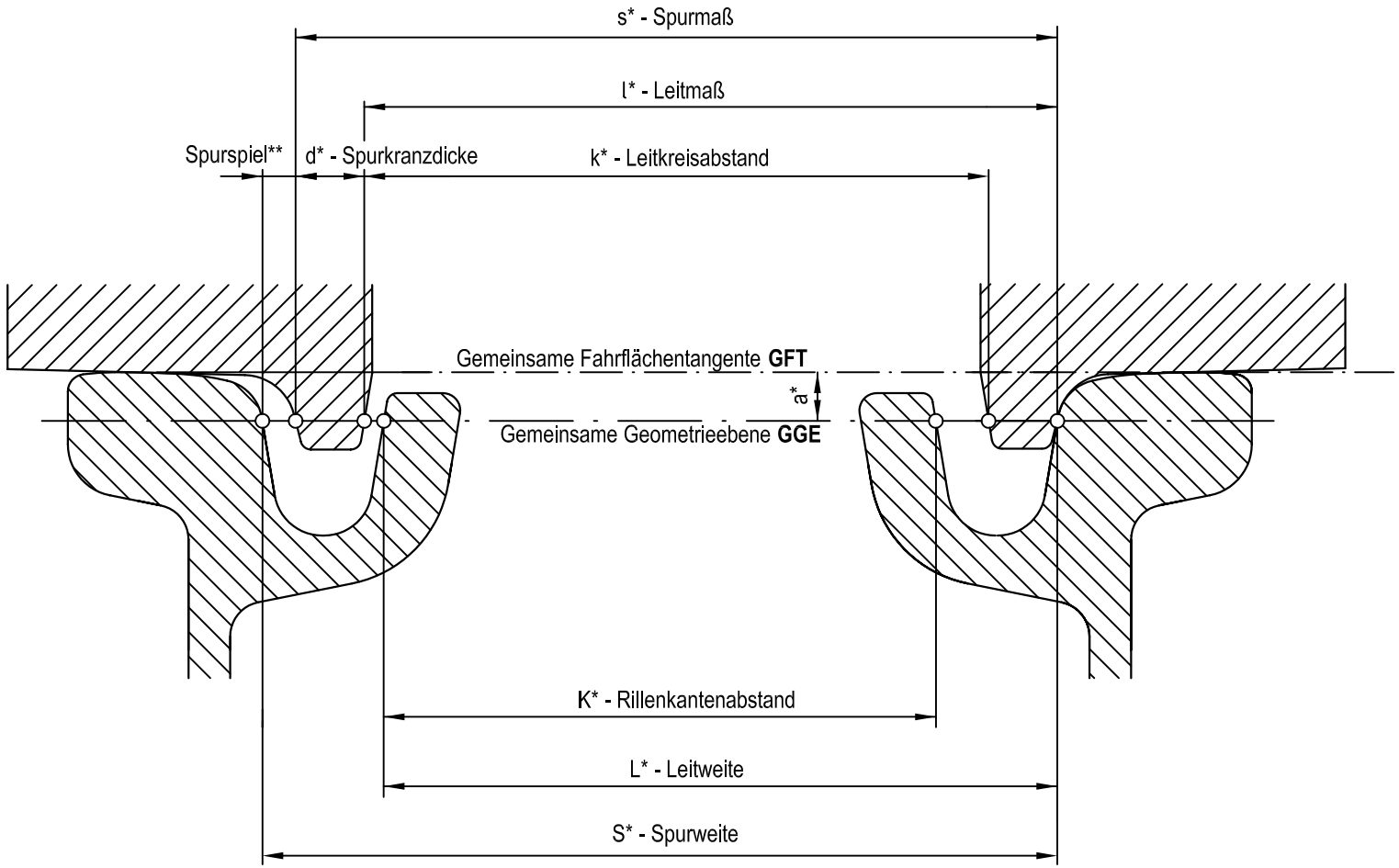
  $k_{min} - K_{max} > 0$ (bei EBO: $r_{min} - K_{max} > 0$)

  (Radsatz und Gleis im Neuzustand)

- Empfehlung: möglichst keine Führung an der Spurkranzrückenflanke

  $l_{min} - L_{max} > 0$

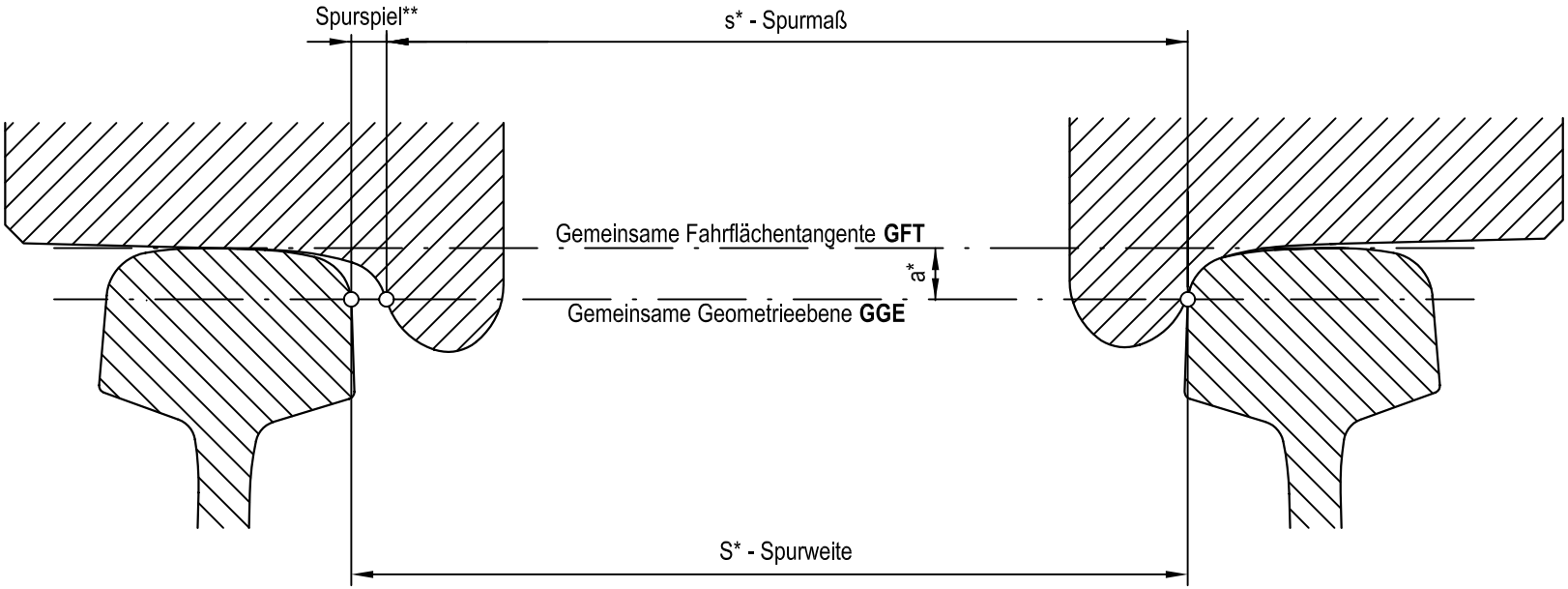
  (Radsatz und Gleis im Verschleißgrenzzustand)



...* - Maße in der GGE im Abstand a* von GFT

** nur wenn GGE und Berührungsebene identisch sind

Bild 10a: Quermaßbeziehungen am Radsatz im Streckengleis (Rillenschienen)



...* - Maße in der GGE im Abstand a* von GFT

** nur wenn GGE und Berührungsebene identisch sind

Bild 10b: Quermaßbeziehungen am Radsatz im Streckengleis (rillenlose Schienen)

4.2.2 Weichen und Kreuzungen im Bereich Einfacher Herzstücke (EH) (vgl. hierzu Bild 11a bis Bild 13)

Erforderliche Nachweise:

- kein Zwängen in der Radlenkerrille

  $W_{R,min} - d_{max} > 0$ (Radlenker und Rad im Neuzustand)

- Einhaltung der Mindest-Radaufstandsbreite an Herzstückspitzen bei Tiefrillen-Herzstücken nach Abschnitt 4.2.4

  (Gleis und Radsatz im Verschleißgrenzzustand)

Anzustrebendes Ziel: kein Verschleiß an den Herzstückspitzen

- Empfehlung: Möglichst Führung Spurkranzstirnflanke / Radlenkerfahrflanke und keine Überdeckung Spurkranzrücken(-flanke) / Herzstückrillenflanke (siehe Bild 11a unten und Bild 11b unten)

  $l_{min} - L_{R,max} > 0$

  (Radsatz und Gleis im Verschleißgrenzzustand)

- Empfehlung: Möglichst Führung Spurkranzrücken(-flanke) / Radlenkerleitflanke und keine Überdeckung Spurkranzstirnflanke / Herzstückfahrflanke (siehe Bild 11a oben und Bild 11b oben)

  $L_{H,min} - l_{max} > 0$

  (Gleis: Verschleißgrenzzustand / Radsatz: Neuzustand)

Anmerkung 17

„Überdeckung“ bedeutet, dass sich die Profile von Spurkranz und Herzstückspitze rechnerisch überschneiden, wird auch als „Verdrängung“ bezeichnet.

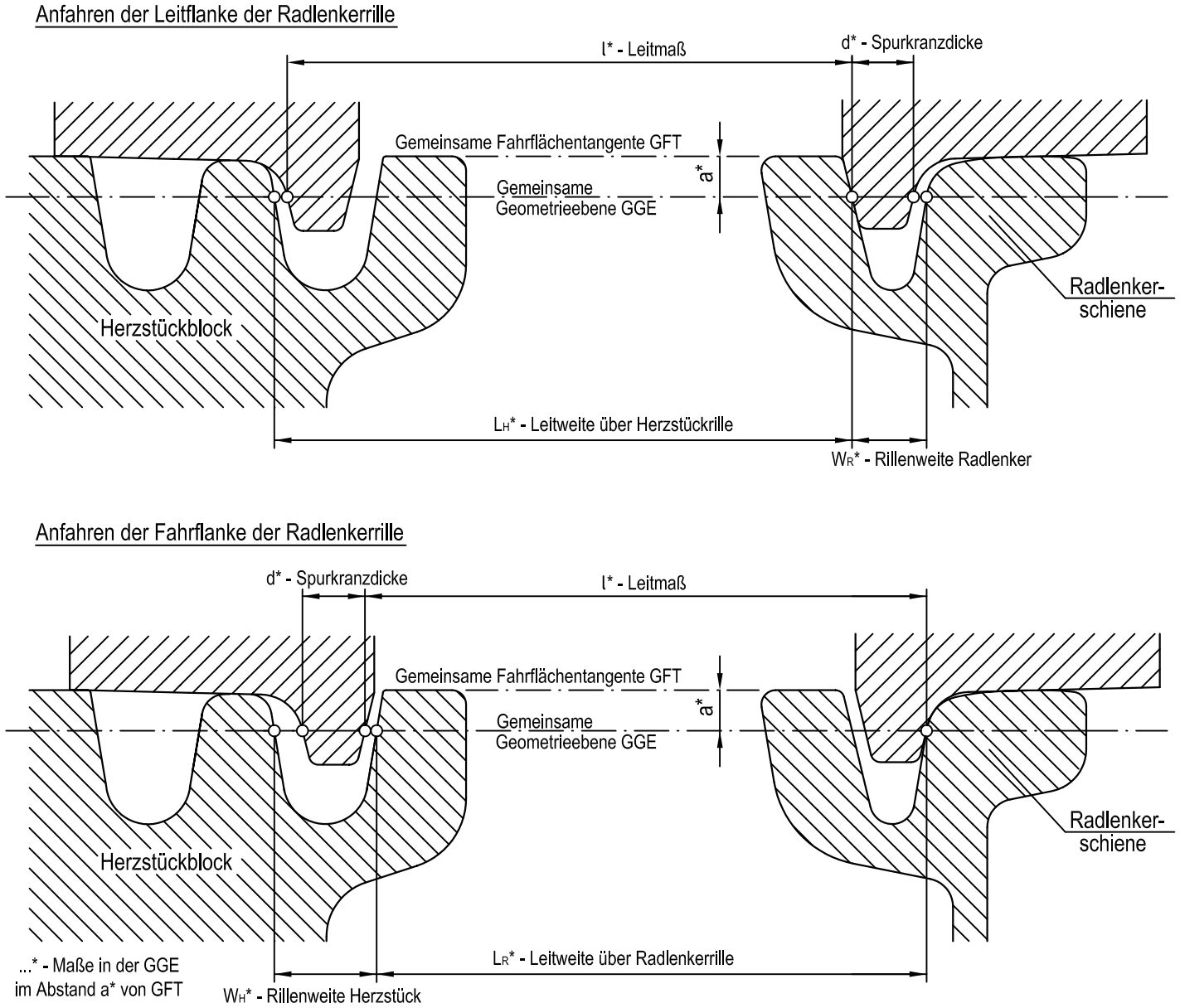


Bild 11a: Quermaßbeziehungen am Einfachen Herzstück (Rillenschienen, Tiefrille / Tiefrille)

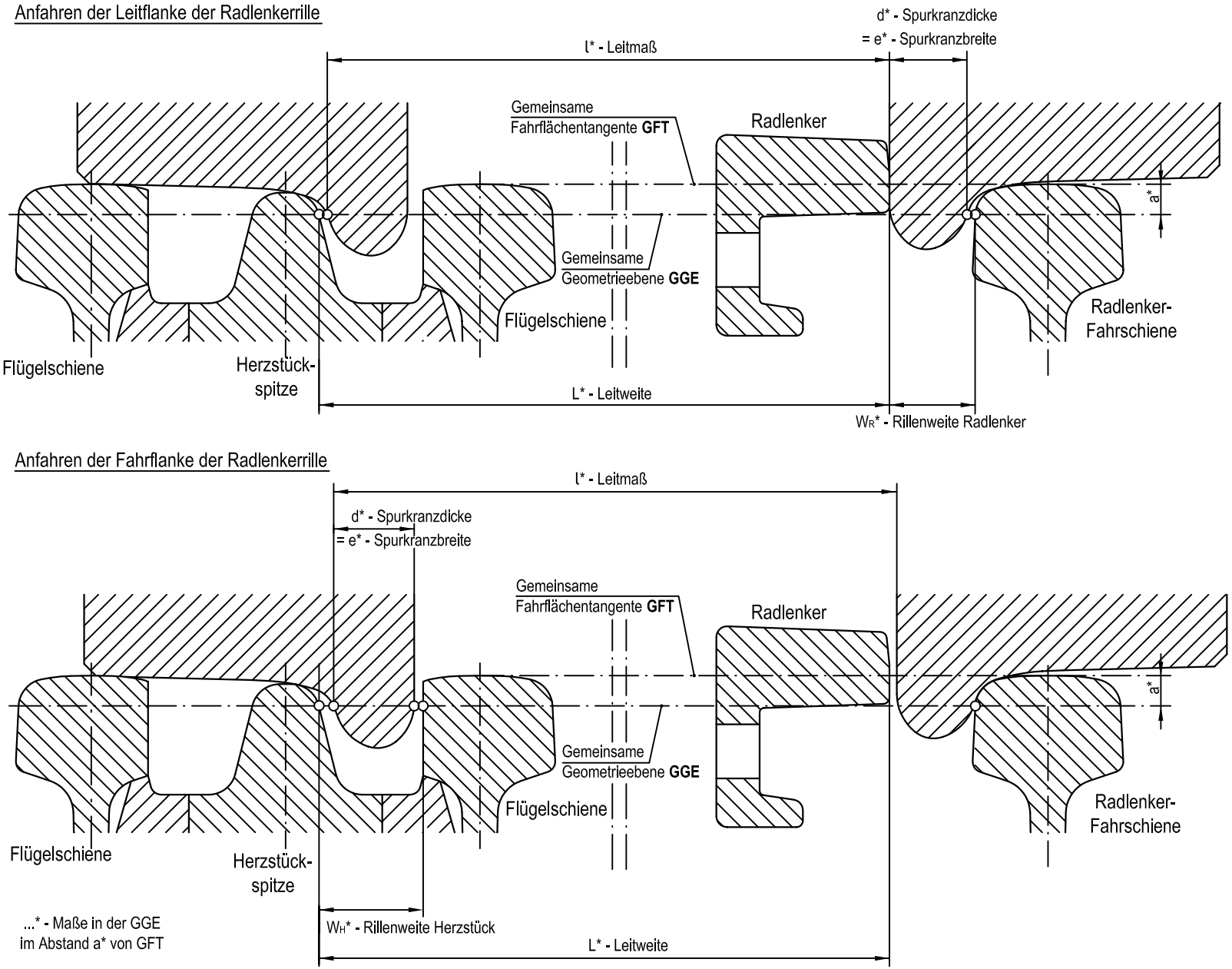


Bild 11b: Quermaßbeziehungen am Einfachen Herzstück (rillenlose Schienen)

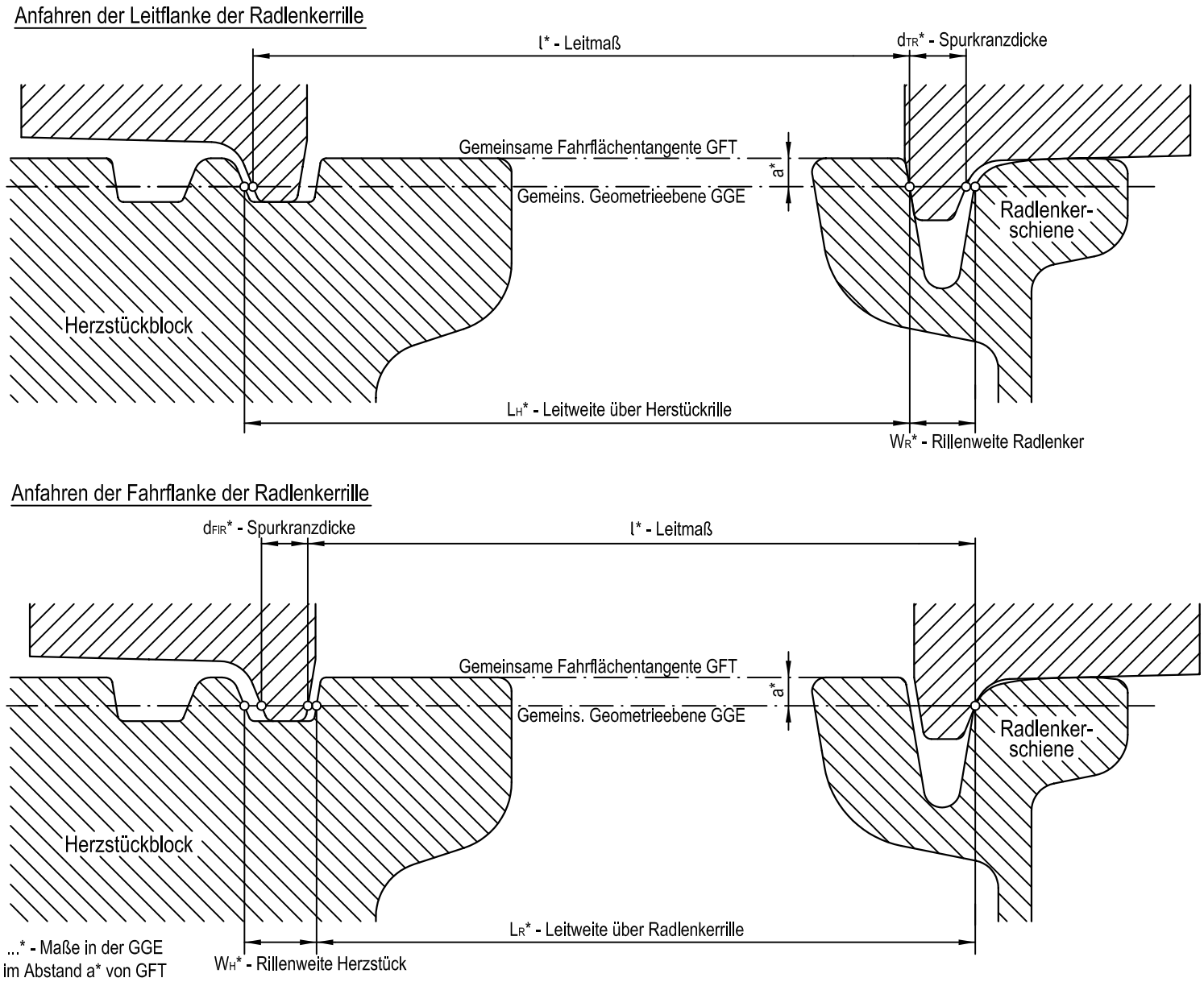


Bild 12: Quermaßbeziehungen am Einfachen Herzstück (Rillenschienen, Tiefrille / Flachrille)

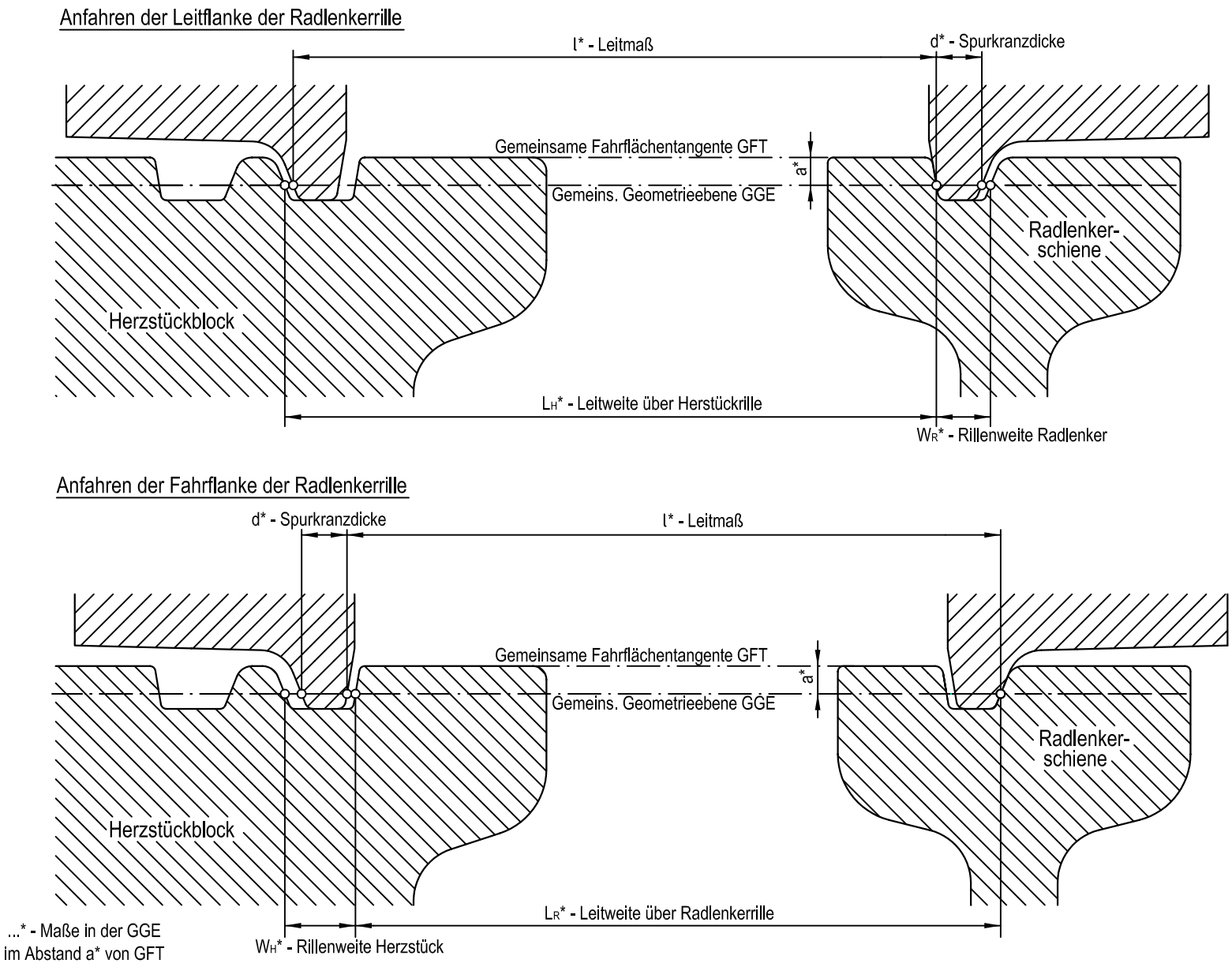


Bild 13: Quermaßbeziehungen am Einfachen Herzstück (Rillenschienen, Flachrille / Flachrille)

4.2.3 Weichen und Kreuzungen im Bereich Doppelter Herzstücke (DH) (vgl. hierzu Bild 14a bis Bild 15)

- Nachweis: kein Zwängen zwischen den Fahrflanken bei Berücksichtigung der Toleranzen

  $S_{DH,min} - s_{max} > 0$

  (Gleis und Radsatz im Neuzustand)

- Nachweis: kein Zwängen zwischen den Rillen- und Leitflanken bei Berücksichtigung der Toleranzen

  $k_{min} - K_{DH,max} > 0$

  (Radsatz und Gleis im Neuzustand)

- Nachweis: Einhaltung der Mindest-Radaufstandsbreite an Herzstückspitzen bei Tiefrillen-Herzstücken nach Abschnitt 4.2.4

  (Gleis und Radsatz im Verschleißgrenzzustand)

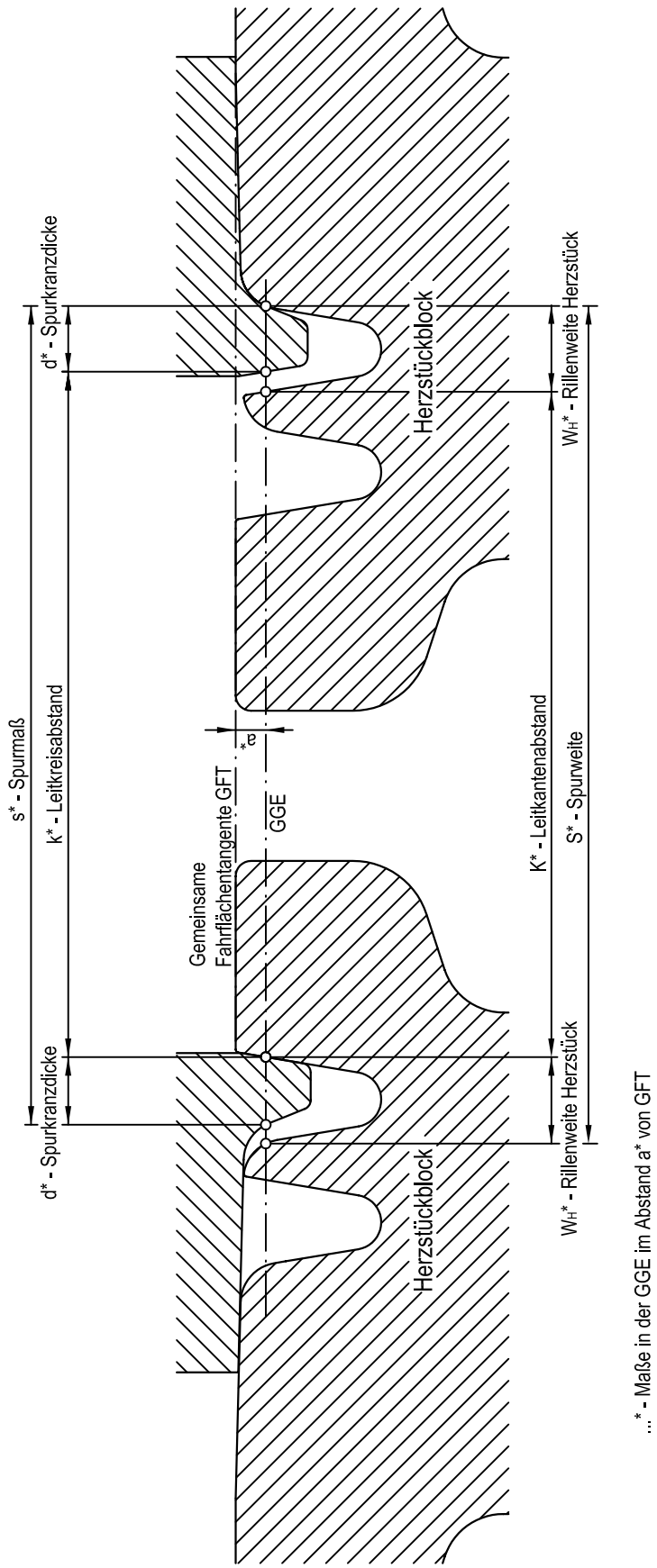


Bild 14a: Quermaßbeziehungen am Doppelten Herzstück (Rillenschienen, Tiefrille / Tiefrille)

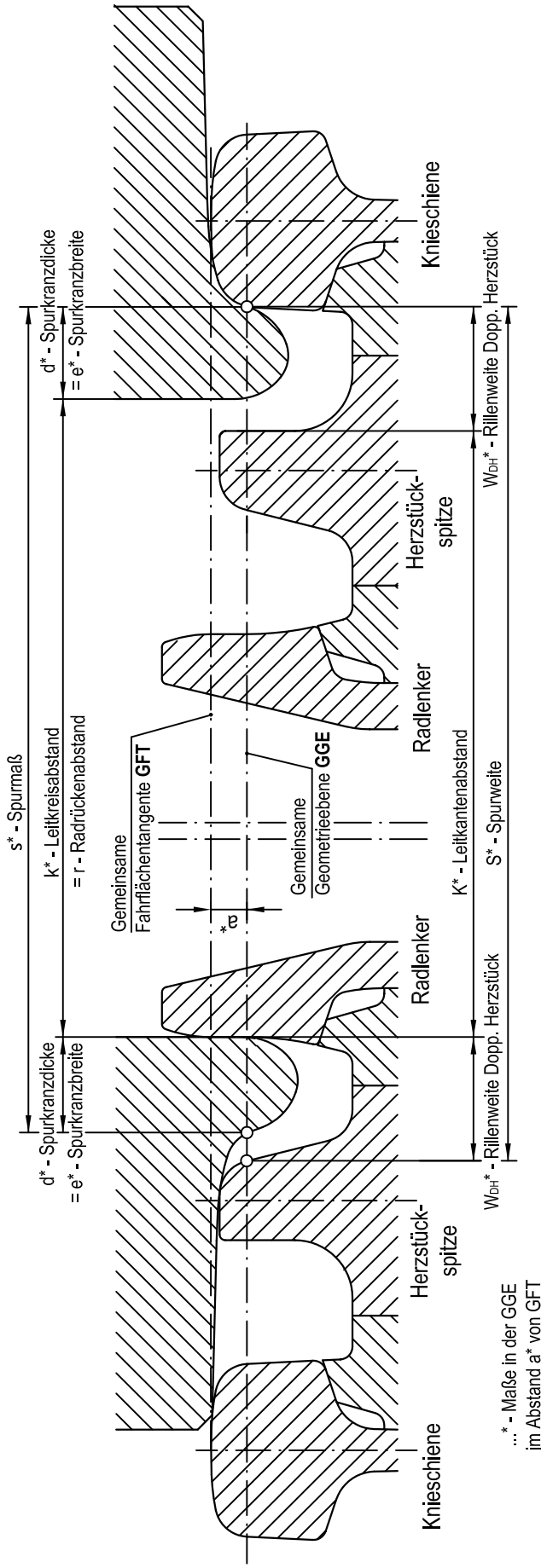


Bild 14b: Quermaßbeziehungen am Doppelten Herzstück (rillenlose Schienen)

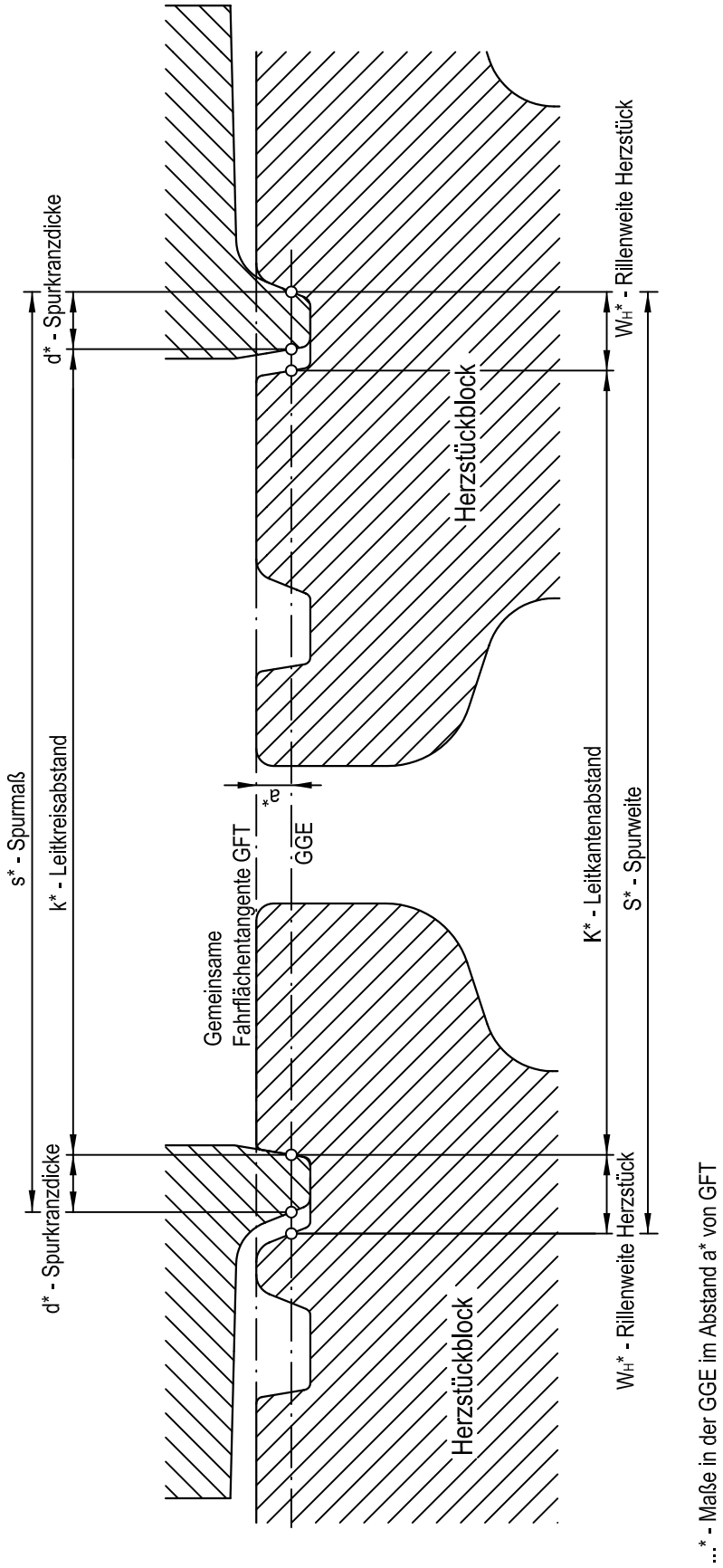


Bild 15: Quermaßbeziehungen am Doppelten Herzstück (Rillenschienen, Flachrille / Flachrille)

4.2.4 Radaufstandsbreite

Der Nachweis der ausreichenden Radaufstandsbreite ist für den ungünstigsten Fall (Verschleißgrenzzustand Radsatz / Verschleißgrenzzustand Gleis) zu führen und soll zweckentsprechend immer in der Spurweiten-Messebene erfolgen, auch wenn diese mit der Gemeinsamen Geometrieebene nicht übereinstimmt. Nach Bild 16 gilt:

$$b_P - f_{max} - W_{H,S;max} - 0{,}5\, b_{R,H} - [(0{,}5\, b_{R,H} + W_{H,Z;max}) / \cos \beta_H] - b_{R,F} \geq 0$$

b_P	Radprofilbreite (ohne Berücksichtigung einer etwaigen Stirnfase)
f_{max}	Rückenflanken-Stichmaß (gemessen im Abstand a vom Messkreisfußpunkt) unter Berücksichtigung des maximalen Verschleißes am Spurkranzrücken
$W_{H,S;max}$	maximal zulässige Rillenweite der Stammgleisrille im Herzstück
$W_{H,Z;max}$	maximal zulässige Rillenweite der Zweiggleisrille im Herzstück
$b_{R,H}$	kleinste zulässige allein tragfähige Breite der Herzstückspitze
$b_{R,F}$	kleinste zulässige allein tragfähige Breite der Flügelschiene
β_H	Herzstückwinkel
a	vertikaler Abstand der Spurweiten-Messebene vom Messkreisfußpunkt

---

Anmerkung 18

Zur Vergrößerung der Radaufstandsbreite kann auf die Stirnfase verzichtet werden.

Die Mindestwerte der zulässigen tragfähigen Breite von Herzstückspitze und Flügelschiene (gemessen in der Spurweiten-Messebene) sind festzulegen in Abhängigkeit von der Radlast, dem kleinsten Raddurchmesser und der Werkstoffgüte von Herzstück bzw. Flügelschiene (Anhang 4). Hierfür können auch Erfahrungswerte zugrunde gelegt werden.

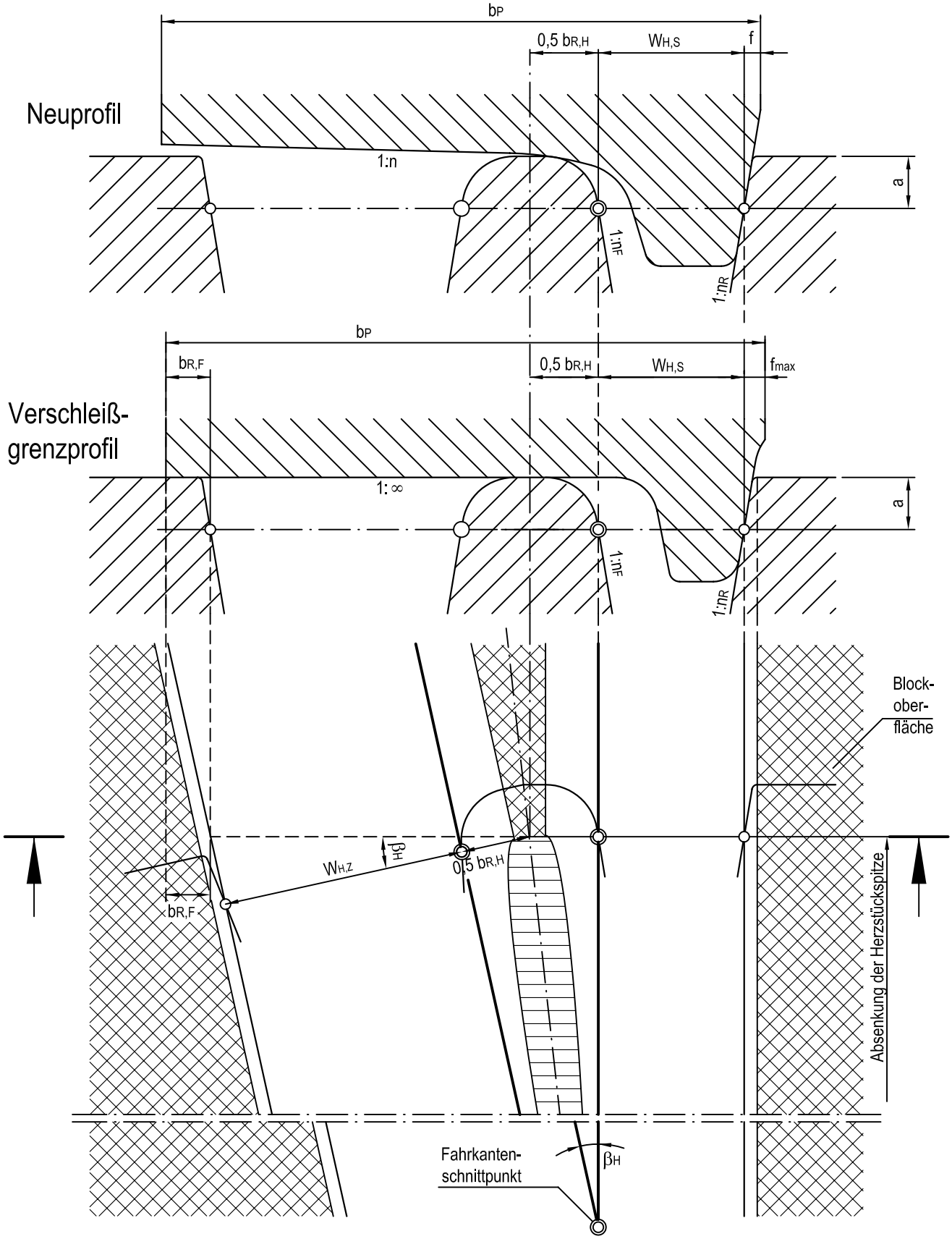


Bild 16: Radaufstandsbreite

4.3 Einzelwerte

Die Einzelwerte werden folgendermaßen ermittelt:

(Alle Maße sind in Höhe der GGE anzugeben!)

4.3.1 Radsatz

s_{max} <u>größtes Spurmaß</u> (tritt im Regelfall nur im Neuzustand auf)

ergibt sich aus

größter Radrückenabstand r_{max}

(Nennmaß des Radrückenabstandes zuzüglich Plus-Fertigungs-toleranz im Bereich des Radreifens)

<u>plus</u>

2 x größte Spurkranzbreite e_{max}

(Nennmaß der Spurkranzbreite zuzüglich Plus-Fertigungstoleranz)

sowie in Abhängigkeit von der Fahrwerksbauart, der Radlagerung und vom Beladungszustand:

<u>plus</u>

größte auftretende Spurmaß-Vergrößerung

oder:

<u>minus</u>

kleinste auftretende Spurmaß-Verkleinerung

k_{min} <u>kleinster Leitkreisabstand</u> (tritt im Regelfall nur im Neuzustand auf; unter der Voraussetzung, dass im Verschleißgrenzzustand mit abnehmendem Mess-kreisdurchmesser keine Verkleinerung des Rückenflanken-Stichmaßes auftritt)

ergibt sich aus

kleinster Radrückenabstand r_{min}

(Nennmaß des Radrückenabstandes abzüglich Absolutwert der Minus-Fertigungstoleranz)

<u>plus</u>

2 x kleinstes Rückenflanken-Stichmaß f_{min}

(Nennmaß des Rückenflanken-Stichmaßes abzüglich Absolutwert der Minus-Fertigungstoleranz)

sowie in Abhängigkeit von der Fahrwerksbauart, der Radlagerung und vom Beladungszustand:

plus

kleinste auftretende Spurmaß-Vergrößerung

oder:

minus

größte auftretende Spurmaß-Verkleinerung

l_{min} kleinstes Leitmaß (im Neu- bzw. Verschleißgrenzzustand)

ergibt sich aus

kleinster Radrückenabstand r_{min}

(Nennmaß des Radrückenabstandes abzüglich Absolutwert der Minus-Fertigungstoleranz)

plus

kleinste Spurkranzbreite e_{min}

(Nennmaß der Spurkranzbreite abzüglich des Absolutwertes der Minus-Fertigungstoleranz bzw. des größten zulässigen Stirnflankenverschleißes)

plus

Rückenflanken-Stichmaß f

(Nennmaß des Rückenflanken-Stichmaßes abzüglich des Absolutwertes der Minus-Fertigungstoleranz bzw. zuzüglich des größten zulässigen Rückenflankenverschleißes oder abzüglich des größten Zuwachses bei abnehmendem Messkreisdurchmesser)

sowie in Abhängigkeit von der Fahrwerksbauart, der Radlagerung und vom Beladungszustand:

plus

kleinste auftretende Spurmaß-Vergrößerung

oder:

minus

größte auftretende Spurmaß-Verkleinerung

l_{max} größtes Leitmaß (im Neu- bzw. Verschleißgrenzzustand)

ergibt sich aus

größter Radrückenabstand r_{max}

(Nennmaß des Radrückenabstandes zuzüglich Plus-Fertigungs-toleranz)

plus

größte Spurkranzbreite e_{max}

(Nennmaß der Spurkranzbreite zuzüglich Plus-Fertigungstoleranz bzw. abzüglich des größten zulässigen Stirnflankenverschleißes)

plus

größtes Rückenflanken-Stichmaß f_{max}

(Nennmaß des Rückenflanken-Stichmaßes zuzüglich Plus-Fertigungstoleranz bzw. zuzüglich des größten zulässigen Rücken-flankenverschleißes oder abzüglich des größten Zuwachses bei ab-nehmendem Messkreisdurchmesser)

sowie in Abhängigkeit von der Fahrwerksbauart, der Radlagerung und vom Beladungszustand:

plus

größte auftretende Spurmaß-Vergrößerung

oder:

minus

kleinste auftretende Spurmaß-Verkleinerung

4.3.2 Streckengleis

S_{min} kleinste Spurweite (tritt im Regelfall nur im Neuzustand auf)

ergibt sich aus

Nennspurweite im Streckengleis abzüglich Absolutwert der Minus-Bautoleranz

K_{max} größter Rillen- / Leitkantenabstand (tritt im Regelfall nur im Neuzustand auf)

ergibt sich aus

größte Spurweite S_{max}

(Nennspurweite im Streckengleis zuzüglich Plus-Bautoleranz)

minus

2 x kleinste Rillenweite W_{min}

(Nennrillenweite im Streckengleis abzüglich Absolutwert der Minus-Walztoleranz)

L_{max} größte Leitweite (tritt im Regelfall nur im Verschleißgrenzzustand auf)

ergibt sich aus

größte Spurweite S_{max}

(Nennspurweite im Streckengleis zuzüglich maximal zulässige Spurerweiterung)

minus

kleinste im Verschleißgrenzzustand auftretende Rillenweite W_{min}

4.3.3 Herzstückbereich

Einfaches Herzstück (EH):

Bei Bemessung nach Neumaßen (empfohlene Vorzugsvariante):

$L_{H,min}$ kleinste Leitweite über Herzstückrille

ergibt sich aus

kleinste Spurweite $S_{EH,min}$

(Nennspurweite im Bereich Einfacher Herzstücke abzüglich Absolutwert der Minus-Bautoleranz)

minus

größte Radlenker-Rillenweite $W_{R,max}$

(Nennrillenweite im Radlenker zuzüglich Plus-Fertigungstoleranz)

$L_{R,max}$ größte Leitweite über Radlenkerrille

ergibt sich aus

größte Spurweite $S_{EH,max}$

(Nennspurweite im Bereich Einfacher Herzstücke zuzüglich Plus-Bautoleranz)

minus

kleinste Rillenweite $W_{EH,min}$

(Nennrillenweite im Einfachen Herzstück abzüglich Absolutwert der Minus-Fertigungstoleranz)

Bei Bemessung nach Verschleißgrenzmaßen:

$L_{H,v}$ Leitweite über Herzstückrille

ergibt sich aus

größte zulässige Spurweite $S_{EH,v}$ im Verschleißgrenzzustand

minus

größte zulässige Radlenker-Rillenweite $W_{R,v}$ im Verschleißgrenzzustand

$L_{R,v}$ Leitweite über Radlenkerrille

ergibt sich aus

größte zulässige Spurweite $S_{EH,v}$ im Verschleißgrenzzustand

minus

größte zulässige Rillenweite $W_{EH,v}$ im Verschleißgrenzzustand

Doppeltes Herzstück (DH):

$S_{DH,min}$ kleinste Spurweite (tritt im Regelfall im Neuzustand auf)

ergibt sich aus

Nennspurweite im Bereich Doppelter Herzstücke abzüglich Absolutwert der Minus-Bautoleranz

$K_{DH,max}$ größter Leitkantenabstand (tritt im Regelfall im Neuzustand auf)

ergibt sich aus

größte Spurweite $S_{DH,max}$

(Nennspurweite im Bereich Doppelter Herzstücke zuzüglich Plus-Bautoleranz)

minus

2 x kleinste Rillenweite $W_{DH,min}$

(Nennrillenweite im Doppelten Herzstück abzüglich Absolutwert der Minus-Fertigungstoleranz)

4.4 Zusätzlicher Platzbedarf der Spurkränze im Gleisbogen

Bei nicht radialer Stellung der Räder in Bogengleisen sowie bei Spießgang der Fahrwerke entsteht in der Rille sowohl stirn- als auch rückenflankenseitig ein erhöhter Platzbedarf für den Spurkranz (Anhang 1). Die stirnflankenseitige Verbreiterung wirkt sich auf die erforderliche Spurweite, die stirn- und rückenflankenseitigen Verbreiterungen wirken sich auf die erforderlichen Leit- und Rillenweiten aus. Außerdem müssen im Gleisbogen bei der Ermittlung der Einzelwerte fahrzeugspezifische Besonderheiten (Radachsenabstand, querelastische Räder, querverschiebbare Einzelräder, u.ä.) mit eingerechnet werden, z.B. kann bei einigen Einzelrad-Einzelfahrwerkskonstruktionen zwar kein erhöhter Platzbedarf der Spurkränze auftreten, jedoch kann sich der wirksame Radrückenabstand im Gleisbogen verkleinern.

Die Werte für den erhöhten Platzbedarf sind zusätzlich zu den Werten des geraden Gleises aus dem Quermaßnachweis zu berücksichtigen.

Anmerkung 19

Dabei kann das Maximalmaß der Querverschiebung des elastisch gelagerten Radreifens gestaffelt zum Ansatz kommen:

- *bei großen Gleisbogenhalbmessern anteilig*
- *bei kleinen Gleisbogenhalbmessern in voller Größe bzw. in der Wirksamkeit entgegen der Fliehkraft ebenfalls nur anteilig*

4.5 Darstellung des Quermaß-Nachweises

Die Darstellung des Quermaß-Nachweises umfasst sowohl die hinsichtlich ihrer Betriebsmaße zu prüfenden Angaben fahrzeugspezifischer Merkmale, die im Zusammenhang mit der Fahrwerksgeometrie besonders die Kennwerte der Radprofilmerkmale im Neu- und Verschleißgrenzzustand enthalten, als auch die Angaben zu den Gleisanlagen mit einer Tabelle der Spur- und Rillenweiten in Abhängigkeit vom Gleisbogenhalbmesser für Streckengleis und Weichen- / Kreuzungsanlage einschließlich der Bau- bzw. Fertigungstoleranzen sowie sicherheitsrelevanter Grenzwerte (Anhang 2).

5 Mischbetrieb nach BOStrab und EBO

Die Profile der Schienen und der Radreifen sind nach folgenden Gesichtspunkten festzulegen und aufeinander abzustimmen:

a) bei einem neu aufzubauenden BOStrab-Netz

Wenn ein neues BOStrab-Netz aufgebaut wird und mit einem bestehenden Eisenbahn-Netz verknüpft werden soll, sind die Gleisanlagen im BOStrab-Bereich von Anfang an so zu gestalten, dass das EBO-Radprofil darauf fahren kann.

Bei der Verwendung von Rillenschienen ist darauf zu achten, dass diese eine ausreichend große Rillenweite und -tiefe haben.

b) bei vorhandenem BOStrab-Netz

Wenn ein BOStrab-Netz vorhanden ist und Gleise sowie Weichen spurführungstechnisch nicht mit vertretbarem Aufwand angepasst werden können, dann muss die Radprofil-Geometrie den spurführungstechnischen Anforderungen von BOStrab und EBO genügen.

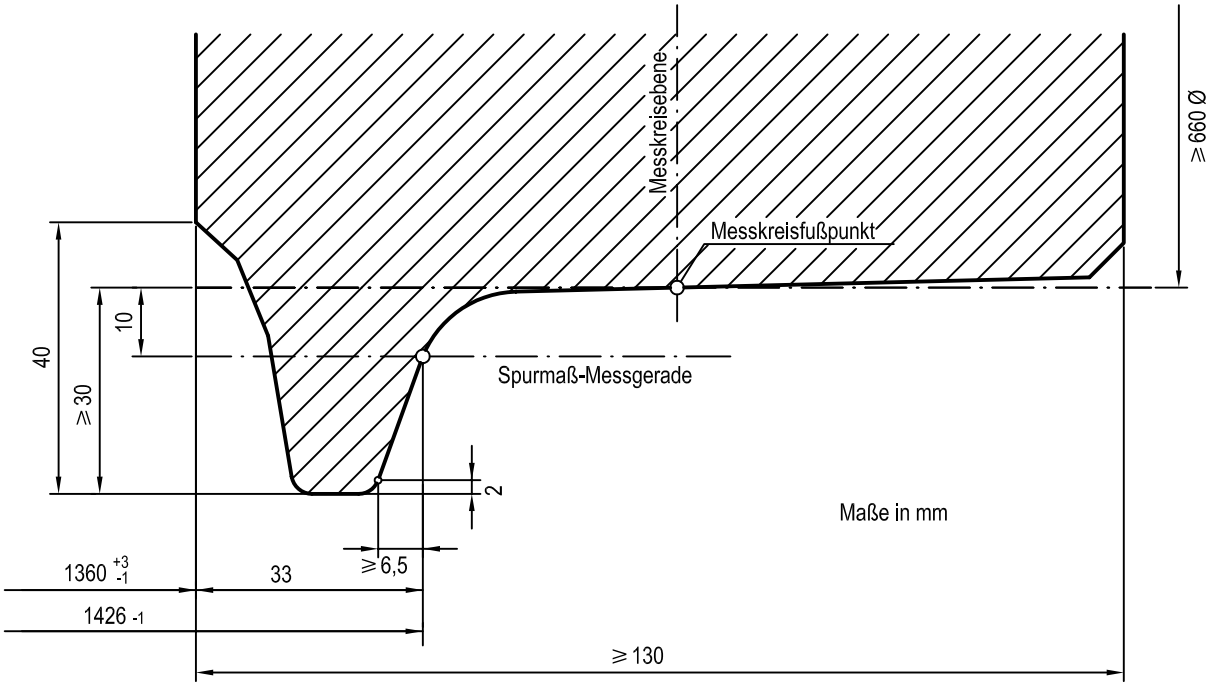


Bild 17: Radprofil für Mischbetrieb bei vorhandenem BOStrab-Netz **am Beispiel von Karlsruhe**

Zusammenstellung der Formelzeichen und Abkürzungen
("Technische Regeln" und Anhänge)

Die angegebenen Bildverweise sind nur beispielgebend und nicht unbedingt vollständig!

A	vertikaler Abstand der Spurweiten-Messebene von GFT (Bild 2a/2b/4a/4b/1.7)
a	vertikaler Abstand der Spurmaß-Messgeraden von der Verbindungslinie der Messkreisfußpunkte (Bild 2a/2b/4a/4b)
a*	vertikaler Abstand der GGE von GFT bzw. von der Verbindungslinie der Messkreisfußpunkte (u.a. Bild 2a/2b/4a/4b/1.7)
$a_{Ell,R}$	große Ellipsenachse der spurkranzrückenseitigen Ellipse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.1/1.4/1.6)
$a_{Ell,S}$	große Ellipsenachse der spurkranzstirnseitigen Ellipse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.1/1.4/1.6)
a_F	Abstand der beiden Radachsen des Fahrwerks (Bild 1.2-1.6/1.9-1.12)
b	Radbreite (Bild 2a/2b/4a/4b)
b_P	Radprofilbreite (ohne Berücksichtigung einer etwaigen Stirnfase) (Bild 16)
$b_{Ell,R}$	kleine Ellipsenachse spurkranzrückenseitigen Ellipse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.1/1.4/1.6)
$b_{Ell,S}$	kleine Ellipsenachse der spurkranzstirnseitigen Ellipse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.1/1.4/1.6)
b_R	Radaufstandsbreite
$b_{R,H}$	Mindestbreite der allein tragenden Herzstückspitze (Bild 16)
$b_{R,F}$	Mindestbreite der allein tragenden Flügelschiene (Bild 16)
d	Spurkranzdicke in der Spurmaß-Messgeraden (Bild 2a/4a/4b)
d_K	Länge der Spurkranz-Kuppengeraden bis verlängerte Spurkranz-stirn- bzw. –rückenflanke (Bild 1.1)
$d_{K,G}$	Länge der geraden Spurkranzkuppe (Bild 1.1/1.4/1.6)
$d_{K,R}$	spurkranzrückenseitige Verlängerung der Spurkranz-Kuppengeraden bis zum Schnittpunkt mit der verlängerten Spurkranzrücken-flanke (Bild 1.1/1.4/1.6)
$d_{K,S}$	spurkranzstirnseitige Verlängerung der Spurkranz-Kuppengeraden bis zum Schnittpunkt mit der verlängerten Spurkranzstirnflanke (Bild 1.1/1.4/1.6)
d_M	Messkreisdurchmesser (Bild 1.1)
d_R^*	horizontale spurkranzrückenseitige Verkleinerung von d* zwischen GGE und nicht ausgerundeter Spurkranzkuppe (Bild 1.1/1.4/1.6)
d_S^*	horizontale spurkranzstirnseitige Verkleinerung von d* zwischen GGE und nicht ausgerundeter Spurkranzkuppe (Bild 1.1/1.4/1.6)

$d_{Ü,R}$*	Pfeilhöhe der rückenseitigen Hyperbel in der Spurkranz-Abschnittsfläche in der GGE (Bild 1.1)
$d_{Ü,S}$*	Pfeilhöhe der stirnseitigen Hyperbel in der Spurkranz-Abschnittsfläche in der GGE (Bild 1.1)
E	Elastizitätsmodul des Rad- bzw. Schienenwerkstoffs
e	Spurkranzbreite in der Spurmaß-Messgeraden (Bild 2a/2b/4a/4b)
F_N	Radaufstandskraft bei Volllast
f	Rückenflanken-Stichmaß in der Spurmaß-Messgeraden (Bild 2a/4a)
GFT	Gemeinsame Fahrflächentangente (Bild 2a/2b/4a/4b)
GGE	Gemeinsame Geometrieebene (Bild 2a/2b/4a/4b)
g_1	Verbindungsgerade der Mittelpunkte von den die Hyperbeln an den Spurkranz-Abschnittsflächen ersetzenden Radien $r_{A,R}$ bei Rad 1 (rückenseitig) und $r_{A,S}$ bei Rad 2 (stirnseitig) (Bild 1.5)
g_2	Verbindungsgerade vom Anfahrpunkt in der Spurkranz-Abschnitts-fläche am Rad 1 zum Mittelpunkt des die stirnseitige Hyperbel der Spur-kranz-Abschnittsfläche am Rad 2 ersetzenden Radius $r_{A,S}$ (Bild 1.5)
g_3	horizontale Verbindungsgerade vom Anfahrpunkt in der Spurkranz-Abschnittsfläche am Rad 2 zum Schnittpunkt des Gleisbogenhalb-messers R_1 mit der Fahrflanke (Bild 1.6)
$g_{3,x}$	x-Koordinate von g_3 (Bild 1.6)
$g_{3,y}$	y-Koordinate von g_3 (Bild 1.6)
H	vertikaler Abstand von GFT bis Zungenspitze (Bild 9a/b)
h	Spurkranzhöhe, vertikaler Abstand zwischen der Verbindungslinie der Messkreisfußpunkte und der Spurkranzkuppe (Bild 9a/b, 1.1)
$h_{Ü,R}$*	vertikaler Abstand von GGE bis Übergangspunkt Hyperbel/Ellipse an der Spurkranzrückenflanke (Bild 1.1)
$h_{Ü,S}$*	vertikaler Abstand von GGE bis Übergangspunkt Hyperbel/Ellipse an der Spurkranzstirnflanke (Bild 1.1)
K	Leit- bzw. Rillenkantenabst. in der Spurw.-Messebene (Bild 2a/4a/4b)
$K_{F/F}$	Leit- bzw. Rillenkantenabstand bei Flachrille / Flachrille in der Spurweiten-Messebene (Bild 1.7)
K_B*	Leitkantenabstand im Gleisbogen in der GGE
K_G*	Leitkantenabstand in der Geraden in der GGE
$K_{T/F}$	Leitkanten- bzw. Rillenkantenabstand bei Tiefrille / Flachrille in der Spurweiten-Messebene
k	Leitkreisabstand in der Spurmaß-Messgeraden (Bild 2a/4a)
L	Leitweite in der Spurweiten-Messebene (Bild 4b)
$L_{F/F}$	Leitweite bei Flachrille / Flachrille in der Spurw.-Messebene (Bild 1.7)
L_H	Leitweite über Herzstückrille in der Spurweiten-Messebene (Bild 4a)

L_H*‘	vorläufige Leitweite über Herzstückrille in der GGE
$L_{H,T/F}$	Leitweite über Herzstückrille bei Tiefrille / Flachrille in der Spurweiten-Messebene
L_R	Leitweite über Radlenkerrille in der Spurweiten-Messebene (Bild 4a)
L_R*‘	vorläufige Leitweite über Radlenkerrille in der GGE
$L_{R,T/F}$	Leitweite über Radlenkerrille bei Tiefrille / Flachrille in der Spurweiten-Messebene
l	Leitmaß in der Spurmaß-Messgeraden (Bild 2a/4a/4b)
l_A	Länge der Spurkranz-Abschnittsfläche in der GGE (Bild 1.1-1.6)
MKF	Messkreisfußpunkt (Bild 2a/2b/4a/4b)
m	Abst. d. Messkreisebenen beider Räder einer Achse (Bild 2a/2b/4a/4b)
$\ldots_{max}$	Größtwert
$\ldots_{min}$	Kleinstwert
$\ldots_{N}$	Nennmaß
$\ldots_{n}$	Maß im Neuzustand
n_R	Neigungswert der Spurkranz<u>rücken</u>flanke (Bild 1.1)
n_S	Neigungswert der Spurkranz<u>stirn</u>flanke (Bild 1.1)
p	HERTZsche Pressung
p_{lim}	Grenzwert der HERTZschen Pressung
Q	Klaffmaß an der Zungenspitze (Bild 9a/b)
Q_a	nach boge<u>naußen</u> wirkende Querelastizität in Abhängigkeit von Gleiskrümmung und Fliehkraft
Q_i	nach boge<u>ninnen</u> wirkende Querelastizität in Abhängigkeit von Gleiskrümmung und Fliehkraft
q_R	horizontaler Abstand der beiden Schnittpunkte des Maßes h_1 mit der Spurkranz-Stirnflanke (Bild 5a/b)
R_m	mittlerer Gleisbogenhalbmesser (Bild 1.3)
$R_{m,x}$	x-Koordinate von R_m (Bild 1.4)
$R_{m,y}$	y-Koordinate von R_m (Bild 1.4)
$R_{p0,2}$	Rad- bzw. Schienenwerkstoffstreckgrenzwert
$R_{1...n}$	Gleisbogenhalbmesser im Anfahrpunkt des Rades 1...n auf der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.4-1.6)
$R_{1...n,x}$	x-Koordinate des Gleisbogenhalbmessers $R_{1...n}$ (Bild 1.3/1.4)
$R_{1...n,y}$	y-Koordinate des Gleisbogenhalbmessers $R_{1...n}$ (Bild 1.3/1.4)
$R_{E,S}$	Gleisbogenhalbmesser im <u>stirn</u>seitigen Eckpunkt Hyperbel/Spurkranzkuppe der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.2)
$R_{E,R}$	Gleisbogenhalbmesser im <u>rücken</u>seitigen Eckpunkt Hyperbel/ Spurkranzkuppe der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.2)

$R_{E,R,m}$	zu $R_{E,R}$ gehörender mittlerer Gleisbogenhalbmesser (Bild 1.2)
$R_{E,S,m}$	zu $R_{E,S}$ gehörender mittlerer Gleisbogenhalbmesser (Bild 1.2)
$(R_R - r_{A,R})_y$	y-Koordinate von $(R_R - r_{A,R})$
$(R_S + r_{A,S})_y$	y-Koordinate von $(R_S + r_{A,S})$
$R_{Ü,S}$	Gleisbogenhalbmesser im stirnseitigen Übergangspunkt Hyperbel/Ellipse der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.2)
$R_{Ü,R}$	Gleisbogenhalbmesser im rückenseitigen Übergangspunkt Hyperbel/ Ellipse der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.2)
$R_{Ü,R,m}$	zu $R_{Ü,R}$ gehörender mittlerer Gleisbogenhalbmesser (Bild 1.2)
$R_{Ü,S,m}$	zu $R_{Ü,S}$ gehörender mittlerer Gleisbogenhalbmesser (Bild 1.2)
$R_{1...n}$	Gleisbogenhalbmesser im Anfahrpunkt d. Rades 1...n (Bild 1.3-1.6/1.10-1.14)
$(R_{1...4} + r_{A,S})_x$	x-Koordinate von $(R_{1...4} + r_{A,S})$
$(R_{1...4} + r_{A,S})_y$	y-Koordinate von $(R_{1...4} + r_{A,S})$
$R_{1...4,x}$	x-Koordinate von $R_{1...4}$ (Bild 1.4/1.6)
$R_{1...4,y}$	y-Koordinate von $R_{1...4}$ (Bild 1.4/1.6/1.11)
r	Radrückenabstand (Bild 2a/2b/4a/4b)
$r_{A,R}$	Radius an der Spurkranzrückenflanke in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Ersatz für Hyperbel) (Bild 1.2/1.3/1.5)
$r_{A,S}$	Radius an der Spurkranzstirnflanke in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Ersatz für Hyperbel) (Bild 1.2/1.3/1.5)
$r_{K,R}$	innerer Spurkranzkuppenabrundungsradius (Bild 1.1)
$r_{K,S}$	äußerer Spurkranzkuppenabrundungsradius (Bild 1.1)
S	Spurweite in der Spurweiten-Messebene (Bild 2a/2b/4a/4b)
$S_{DH,B}$*	Spurweite im Doppelten Herzstück im Gleisbogen in der GGE
$S_{DH,G}$*	Spurweite im Doppelten Herzstück im geraden Gleis in der GGE
S_{EH}	Spurweite im Einfachen Herzstück in der Spurw.-Messebene (Bild 1.22)
$S_{F/F}$	Spurweite bei Flachrille / Flachrille in der Spurw.-Messebene (Bild 1.7)
S_B*	Spurweite im Gleisbogen in der GGE
S_G*	Spurweite im geraden Gleis in der GGE
$S_{T/F}$	Spurweite bei Tiefrille / Flachrille in der Spurweiten-Messebene
s	Spurmaß in der Spurmaß-Messgeraden (Bild 2a/2b/4a/4b)
T	Rillentiefe (Bild 2a/4a)
t	Flachrillentiefe (Bild 1.7)
$...\ _v$	Maß im Verschleißgrenzzustand
W	Rillenweite in der Spurweiten-Messebene (Bild 2a)
$W_{DH,B}$*	Rillenweite im Doppelten Herzstück im Gleisbogen in der GGE

$W_{DH,G}$*	Rillenweite im Doppelten Herzstück im geraden Gleis in der GGE
W_{EH}	Rillenweite im Einfachen Herzstück in der Spurweiten-Messebene (Bild 1.22)
W_F	Rillenweite bei Flachrille in der Spurweiten-Messebene (Bild 1.7)
W_H	Rillenweite im Herzstück in der Spurweiten-Messebene (Bild 4a)
$W_{H,F}$	Rillenweite im Herzstück bei Flachrille in der Spurweiten-Messebene
$W_{H,S}$	Rillenweite der Stammgleisrille im Herzstück in der Spurweiten-Messebene (Bild 16)
$W_{H,Z}$	Rillenweite der Zweiggleisrille im Herzstück in der Spurweiten-Messebene (Bild 16)
W_R	Rillenweite im Radlenker in der Spurweiten-Messebene (Bild 4a)
$W_{R,x}$	x-Koordinate von W_R
$W_{R,y}$	y-Koordinate von W_R
$W_{R,G}$*	Rillenweite im Radlenker im geraden Gleis in der GGE
x - Richtung	angenommenes horizontales Koordinatensystem, Richtung parallel zur Fahrwerkslängsachse
$x_{Ell,R}$'	Abstand in x-Richtung der Radachse vom Mittelpunkt der rückenseitigen Ellipse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.1/1.4)
$x_{Ell,S}$'	Abstand in x-Richtung der Radachse vom Mittelpunkt der stirnseitigen Ellipse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.1/1.4)
$x_{Ell,1...n}$	Abstand in x-Richtung des Anfahrpunktes des Rades 1...n vom Mittelpunkt der Ellipse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.4/1.6)
$x_{Ell,R}$	Abstand in x-Richtung der Fahrwerksquerachse vom Mittelpunkt der rückenseitigen Ellipse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.4)
$x_{Ell,S}$	Abstand in x-Richtung der Fahrwerksquerachse vom Mittelpunkt der stirnseitigen Ellipse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.4)
$x_{Ü,R}$	Abstand in x-Richtung von Radmitte bis rückenseitigen Übergangspunkt Hyp./Ellipse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.1/1.6)
$x_{Ü,S}$	Abstand in x-Richtung von Radmitte bis stirnseitigen Übergangspunkt Hyp./Ellipse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.1/1.6)
$x_{1...n}$	Abstand in x-Richtung des Anfahrpunktes des Rades 1...n von der Radachse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.6)
y - Richtung	angenommenes horizontales Koordinatensystem, Richtung parallel zur Fahrwerksquerachse
$y_{Ell,1...n}$	Abst. in y-Richtung des Anfahrpunktes des Rades 1...n vom Mittelpunkt der Ellipse in der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.4/1.6)
$\alpha_{E,S}$	Anfahrwinkel im stirnseitigen Eckpunkt Hyperbel/Spurkranzkuppe der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.2)
$\alpha_{E,R}$	Anfahrwinkel im rückenseitigen Eckpunkt Hyperbel/Spurkranzkuppe der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.2)

$\alpha_{Ü,S}$	Anfahrwinkel im stirnseitigen Übergangspunkt Hyperbel/Ellipse der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.2)
$\alpha_{Ü,R}$	Anfahrwinkel im rückenseitigen Übergangspunkt Hyperbel/Ellipse der Spurkranz-Abschnittsfläche (Bild 1.2)
$\alpha_{1...n}$	horizontaler Anfahrwinkel im Anfahrpunkt des Rades 1...n (Bild 1.4-1.6)
β_H	Herzstückwinkel (Bild 16)
β_S	vertikaler Winkel zwischen der Spurkranz-Stirnflanke und der Horizontalen (Bild 9a)
$\beta_{Z,R}$	rückenseitiger Flankenwinkel an der Weichenzunge (Bild 9a)
$\beta_{Z,S}$	stirnseitiger Flankenwinkel an der Weichenzunge (Bild 9a)
γ	horizontaler Winkel zwischen g_1 und g_2 (Bild 1.5)
Δd^*	Gesamtaufweitung der Rille im Gleisbogen gegenüber der Geraden in der GGE
Δd_R^*	rückenseitige Aufweitung der Rillen der Radlenker Einfacher Herzstücke im Gleisbogen gegenüber der Geraden in der GGE
Δd_S^*	stirnseitige Aufweitung der Rillen der Radlenker Einfacher Herzstücke im Gleisbogen gegenüber der Geraden in der GGE
$\Delta F/Ü_F$	Freiraum bzw. Überschneidung an der Herzstück-Fahrflanke
$\Delta F/Ü_R$	Freiraum bzw. Überschneidung an der Herzstück-Rillenflanke
ΔS	Plus-Bautoleranz der Spurweite
$\lvert -\Delta S \rvert$	Absolutwert der Minus-Bautoleranz
Δs_D	Spurmaßveränderung infolge Durchbiegung der Radachse
ΔW	Plus-Fertigungstoleranz der Rillenweite
$\lvert -\Delta W \rvert$	Absolutwert der Minus-Fertigungstoleranz der Rillenweite
δ	horizontaler Winkel zwischen dem Gleisbogenhalbmesser R_1 am Anlaufpunkt des Rades 1 und der Verbindungsgeraden g_2 (Bild 1.5)
ε	horizontaler Winkel zwischen der Verbindungsgeraden g_3 und der x-Richtung (Bild 1.6)
ϕ	horizontaler Winkel zwischen der Verbindungsgeraden g_1 und der y-Richtung (Bild 1.5)
ν	Querkontraktionszahl des Rad- bzw. Schienenwerkstoffs
σ_{VS}	Vergleichsspannung nach der Schubspannungshypothese
... *	Maß in der GGE gemessen bzw. auf die GGE bezogen

Begründung und Erläuterungen zur Neufassung der “Spurführungs-Richtlinien“ als „Technische Regeln Spurführung (TR Sp)“ zur BOStrab

Den Anlass zur Erarbeitung von Spurführungs-Richtlinien für BOStrab-Bahnen gab die Ende 1987 erschienene Neufassung der „Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab)“, in deren amtlicher Begründung es zu § 17 „Oberbau“ heißt:

„Die dabei zu berücksichtigenden Zusammenhänge sind außerordentlich komplex und zudem für die verschiedenen Spurführungs- und Bahnsysteme sehr unterschiedlich. Auf die Normierung von Einzelheiten, wie sie das bisherige Recht noch enthält, wird daher im neuen Recht zugunsten eines als Generalklausel formulierten Abstimmungsgebotes verzichtet. Diese Grundsatzforderung wird für die verschiedenen Spurführungssysteme in Richtlinien konkretisiert.“

Auf diesem Prinzip aufbauend, wurden bereits 1984, also noch vor Erscheinen der neu gefassten BOStrab, die „Richtlinien für die Spurführung von Schienenbahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab) – Spurführungs-Richtlinien (SpR)“ herausgegeben.

Vorausgegangen war eine umfassend angelegte Bestandsaufnahme der Profilverhältnisse an Rad und Schiene bei den Nahverkehrsunternehmen in der damaligen Bundesrepublik Deutschland. Aus deren Ergebnis leiteten die Bearbeiter die Definition der damaligen Maßsysteme A, B und C ab, und viele Anwender glaubten nun, bei der Beschaffung von Weichenanlagen ohne nähere Prüfung auf die Tabellen in den SpR zurückgreifen zu können. Angesichts der zahlreichen Verschiedenheiten der vorhandenen Bahnnetze führte dies jedoch zu mancherlei Enttäuschungen und Fehleinschätzungen. Schließlich kommt es in diesem Bereich der Bahntechnik auf Millimeter an. Die Anwendung der SpR in der Praxis war somit nicht frei von Problemen; es ergaben sich eine Reihe von Fragen und Unklarheiten.

Ohne die großen Verdienste der erstmalig in der 1984 vorliegenden Form entwickelten SpR schmälern zu wollen, versuchte der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) im Jahre 1994, in „Ergänzenden Anmerkungen“ zu den Richtlinien Klarstellungen vorzunehmen und Antworten auf die aufgetretenen Fragen zu geben.

Da diese Lösung aber nicht alle Probleme der Praxis befriedigend klären konnte, entschloss sich der VDV schließlich – im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Verkehr (später Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen) – zu einer vollständigen Überarbeitung der SpR.

Den Anstoß hierzu gaben im übrigen auch die inzwischen gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse zur optimalen Gestaltung von Gleisanlagen, die unterschiedliche Schienenformen (rillenlose Schienen und Rillenschienen) aufweisen, sowie zur Optimierung der darauf einzusetzenden Radprofile. Sie führten insbesondere zur Entwicklung modifizierter Rillenschienenprofile, deren Kopfform an die der eisenbahnmäßigen (rillenlosen) Schienen und ihre Einbauneigung angepasst ist. Dies eröffnete erstmals die Möglichkeit, dem Fahrzeug im gesamten Gleisnetz das gleiche Schienenkopfprofil anzubieten.

Es setzte sich damit die Erkenntnis durch, dass sich auf diese Weise die fahrtechnische Qualität und der verschleißmäßige Vorteil einer eisenbahngemäß optimierten Rad / Schiene-Paarung auch bei Straßenbahn und Stadtbahn erreichen lassen. Es wird angestrebt, die „Zweipunktberührung“ zu vermeiden und möglichst weitgehend zu einer „Einpunktberührung“ zwischen Rad und Schiene zu kommen.

Während vor Einführung der Niederflurfahrzeuge nur wenige typische Raddurchmesser zur Anwendung kamen, ist heute wegen der zahlreichen Bauarten der Niederflurfahrzeuge eine Vielzahl von Raddurchmessern gebräuchlich. Der Mischbetrieb verschiedener Bahnsysteme macht zudem neuartige Betrachtungen der Führungsverhältnisse in Weichen und Kreuzungen erforderlich.

Eine weitere wichtige Erfahrung bestand darin, dass in den vergangenen Jahren in Deutschland kaum gänzlich neue Straßenbahnnetze entstanden sind; es werden jedoch allenthalben Erweiterungen bestehender Netze vorgenommen. Dies bedeutet, dass die jeweiligen Randbedingungen der vorhandenen Netze in Bezug auf Spurweite, Leitweiten und Leitmaße berücksichtigt werden müssen.

Die in den letzten 15 Jahren fortgeschrittene Entwicklung von der Straßenbahn zur Stadtbahn – und damit insbesondere zu höheren Betriebsgeschwindigkeiten – zeigte, dass auch mit Radprofilen des „Maßsystems A“ auf eisenbahnmäßigen Gleisanlagen sicher bis zu einer Geschwindigkeit von 80 km/h gefahren werden kann. Die Anwendung des „Maßsystems B“ blieb allein auf den Bereich Köln – Bonn beschränkt.

Der Übergang von Stadtbahn-Fahrzeugen auf Gleisanlagen nach EBO erforderte dagegen andere Lösungen, und zwar in der Form, wie sie schon vor vielen Jahren auf den Taunusbahn-Strecken der Verkehrsbetriebe Frankfurt am Main eingeführt worden waren und heute u.a. im „Karlsruher System“ zur Ausführung kommen.

Man mag bedauern, dass es nicht möglich ist, einheitliche Maßsysteme für die Straßen-, Stadt- und U-Bahnen nach BOStrab festzulegen, aber die Wirklichkeit der vorhandenen Netze lässt dies nicht zu. Wollte man die bestehenden Unterschiede in den Rad / Schiene - Geometrien beseitigen und Einheits-Maßsysteme einführen, so entstünden sehr große Probleme bezüglich der Durchführbarkeit, der erforderlichen Zeiträume und der Kosten der Maßnahmen.

Diese Erkenntnisse gaben Veranlassung, bei der Neufassung der SpR als TR Sp von der Definition von „Maßsystemen“ abzugehen und stattdessen entsprechend der Rad / Schiene - Geometrie der einzelnen Bahnen „Betriebssysteme“ zu definieren.

Hierbei sind drei typische Formen zu unterscheiden:

- Betriebssystem S („Straßenbahn / Stadtbahn“)
  Die Rad / Schiene - Geometrie ist maßgeblich durch Rillenschienen im straßenbündigen Bahnkörper geprägt.
  Dies sind Straßenbahnen und ihnen nahe stehende Stadtbahnen.

- Betriebssystem E („Eisenbahnähnlich“ oder „Eisenbahnmäßig“ nach EBO)
  Die Rad / Schiene - Geometrie ist maßgeblich durch rillenlose Schienen auf unabhängigem Bahnkörper geprägt.
  Dies sind U-Bahnen und ihnen nahe stehende Stadtbahnen.

- Betriebssystem M („Mischbetrieb“)
  Die Rad / Schiene - Geometrie ist maßgeblich durch den Übergang der Fahrzeuge aus dem Netz nach BOStrab in das Netz nach EBO geprägt.
  Dies sind beispielsweise die Systeme in Karlsruhe und in Kassel.

Bei dieser Vorgehensweise wird das Ziel der möglichst weit gehenden Vereinheitlichung nicht aufgegeben, jedoch wird der Vielfalt der vorhandenen Bahnnetze Rechnung getragen. Vereinheitlicht werden nunmehr die Grundsätze bei der Ermittlung und der Festlegung der Profil- und Maßverhältnisse von Rad und Schiene.

Die Neufassung der TR Sp löst sich von der Vorstellung, eine einheitliche Quermaß-Tabelle für die Rad / Schiene - Geometrien aller Bahnen nach BOStrab schaffen zu

können. Stattdessen legt sie eine einheitliche Betrachtungsweise zugrunde, wie eine sichere Spurführung und größtmögliche Laufruhe nach den heutigen wissenschaftlichen Erkenntnissen und den betriebspraktischen Erfahrungen erreichbar ist.

Besondere Sorgfalt und eine genaue Betrachtung der Berührungsverhältnisse zwischen Rad und Schiene erfordern in diesem Zusammenhang die Gleisbögen mit sehr kleinen Halbmessern, die mit Rillenschienen ausgeführt sind. Hierfür sind vertiefende Untersuchungs- und Berechnungs-Verfahren entwickelt worden.

Demgegenüber können sich diejenigen Bahnen, die eisenbahnmäßige oder eisenbahnähnliche Rad / Schiene - Verhältnisse aufweisen, weitgehend oder ganz an die Regelwerke nach der EBO anschließen.

Die künftige Entwicklung wird zeigen, dass die Anwendung der heutigen Erkenntnisse in Bezug auf Sicherheit und Fahrruhe, weil diese schlüssig sind, in Verbindung mit den heute verfügbaren Schienenprofilen sozusagen von selbst zu einer Standardisierung der Geometrien und Maßbeziehungen innerhalb der o.g. Betriebssysteme führen wird. In diesem Zusammenhang ist von größter Bedeutung, dass die heutigen Erkenntnisse zur anzustrebenden fahrtechnischen Qualität der Bahnen nach BOStrab auf denen der Eisenbahn beruhen und ihre Anwendbarkeit auch auf die Nahverkehrsbahnen erst durch die wissenschaftliche Forschung der 1980-er und 1990-er Jahre erkannt wurde.

Die Themenstellung der TR Sp erstreckt sich auf geometrische Fragen der Spurführung, nicht auf das Problem der Entgleisungssicherheit allgemein.

Das dargestellte Berechnungsverfahren geht teilweise stärker in die Tiefe als dies bisher üblich war. Die neue Fassung der TR Sp enthält jedoch keine strengeren Forderungen als die bisherige Ausgabe. Die Sicherheit des Betriebs auf den bestehenden Bahnanlagen wird daher durch die Neufassung der TR Sp nicht in Frage gestellt.

Letztlich ist unter Berücksichtigung der Netz- und Fahrzeug-Gegebenheiten zu entscheiden, welches der angegebenen Berechnungsverfahren anzuwenden ist, wo vereinfachte Annahmen möglich sind und verantwortet werden können und ob ggf. spezielle Bedingungen andere oder noch weiter gehende Untersuchungen erfordern. Änderungen der im jeweiligen Netz bestehenden Maßbeziehungen dürfen nur in kleinen Schritten vorgenommen werden.

Jedes Verkehrsunternehmen muss für sein Bahnsystem die erforderlichen Maßbeziehungen – für den Neu- und den Verschleißzustand – selbst festlegen und in einer Quermaß-Tabelle dokumentieren. Für miteinander verbundene Netze mehrerer Verkehrsunternehmen gilt dies sinngemäß.

Der Inhalt des Regelwerkes ist so aufgebaut, dass sich an den grundlegenden Richtlinienteil insgesamt vier Anhänge anschließen. In diesen Anhängen werden detaillierte Erläuterungen zu den Richtlinien gegeben.

Die **„Technischen Regeln“** selbst enthalten die Definitionen der wesentlichen Begriffe und Bezeichnungen, mit denen die spurführungstechnisch relevanten Merkmale an Fahrweg und Fahrzeug zu beschreiben sind. Bei den Rillenschienen wird statt „Leitschiene“ als neuer Begriff der „Rillenkopf“ eingeführt. Die Verhältnisse an den Weichenzungenspitzen sowie das „Radquermaß“ q_R am Radprofil (in Anlehnung an die Definition der Eisenbahn) werden genauer beschrieben.

Anschließend wird auf die Grundsätze einer sicheren Spurführung eingegangen. Es wird die prinzipielle Vorgehensweise bei der Erstellung eines Quermaß-Nachweises angegeben; diese kann sowohl analytisch als auch grafisch erfolgen. Anmerkungen zum Mischbetrieb nach BOStrab und EBO beschließen die „Technischen Regeln“.

Zu einzelnen Aussagen der „Technischen Regeln“ werden – durch *Kursivschrift* und horizontale Querbalken davor und dahinter deutlich von ihnen abgehoben – ergänzende Anmerkungen und Erläuterungen gegeben.

Anhang 1 befasst sich eingehend mit den rechentechnischen Grundlagen zur Bestimmung des zusätzlichen Platzbedarfs der Spurkränze im Gleisbogen, und zwar in einer detaillierten und in einer vereinfachter Variante. Hier sind die grundlegenden Formeln mit Fallunterscheidungen hinsichtlich der Lage des Berührpunktes von Spurkranz und Schiene ausführlich erläutert. Außerdem wird auch ein grafisches Verfahren mittels CAD zur Ermittlung der Zahlenwerte für den zusätzlichen Platzbedarfs der Spurkränze im Gleisbogen vorgestellt.

Anhang 2 zeigt die Vorgehensweise zur Darstellung des Quermaß-Nachweises mit den zugehörigen Berechnungsformeln und nennt die hierzu erforderlichen Angaben.

Anhang 3 enthält eine Beispielrechnung zur Ermittlung der Zahlenwerte für die Quermaß-Tabelle und die Darstellung der Quermaße für ein fiktives Fahrwerk. Damit

wird die Anwendbarkeit der zuvor nur theoretisch beschriebenen Vorgehensweise bei der Erstellung eines Quermaß-Nachweises an einem praxisnahen Beispiel vorgestellt.

Anhang 4 liefert eine vereinfachte Rechenmethode, um die Mindest-Radaufstandsbreite bzw. die Mindestbreite der Spurkranzkuppe in Abhängigkeit von der Werkstoff-Streckgrenze, dem Raddurchmesser und der Radaufstandskraft zutreffend abschätzen zu können.

Literaturhinweise

1 Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen vom 11.12.1987
(Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung - BOStrab)

2 Kurz/Bosch/Kurek/Braitsch/Weber
Richtlinien für die Spurführung von Schienenbahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BO Strab)
– Spurführungs-Richtlinien (SpR) –
Erich Schmidt Verlag, 1986, Band 75

3 Kurz/Bosch/Kurek/Braitsch/Weber
Richtlinien für die Spurführung von Schienenbahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BO Strab)
– Spurführungs-Richtlinien (SpR) –
2., ergänzte Auflage
Erich Schmidt Verlag, 1994, Band 75

4 Prof. Dr.-Ing. H. Heumann
Grundzüge der Führung der Schienenfahrzeuge
Sonderdruck aus „Elektrische Bahnen“, Jahrgänge 1950 - 1953
Verlag R. Oldenbourg, München

5 Hans-Ludwig Krugmann
Welche Spurkranzform ist als nicht betriebssicher anzusprechen?
Glasers Annalen, November 1960

6 Prof. Dr.-Ing. Fritz Frederich, Dr.-Ing. Dietmar Kraft
Funktionelle Spurführungsgeometrie für Nahverkehrsbahnen /
Berechnungen zur Spurführung
Der Nahverkehr, 4/5 1999