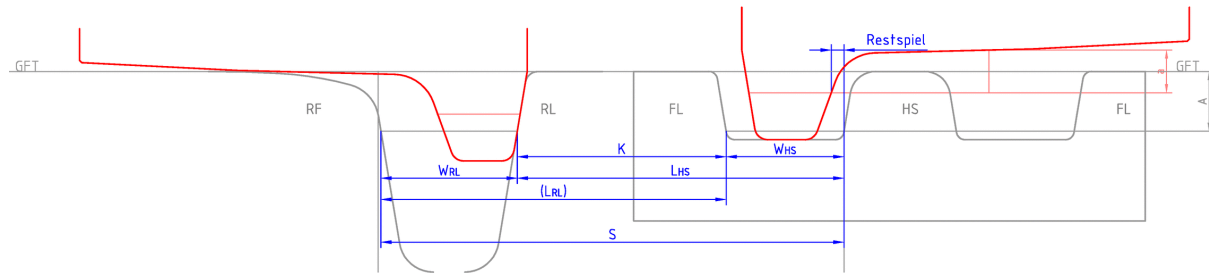


Grundlagen der Spurführung

Seminar Planung von BOStrab Gleiskonstruktionen
Leipzig, 30.06.2026

Dr.-Ing. André Theiler, PROSE GmbH, Berlin

Vortragsfassung (Stand 29.06.2026)



- Die Angaben in diesem Vortrag werden mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt
- Der Vortrag erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit!
- Angaben sind exemplarisch und ohne Gewähr.
- Einzig Festlegungen in offiziellen Texten sind verbindlich
(Gesetze, Verordnungen, Normen, Technische Regeln, Richtlinien der Betreiber)!

- Ingenieurunternehmen mit Sitz in Winterthur, Schweiz
 - Standorte Italien, Frankreich, Schweden, Österreich, München, Berlin
 - Fahrzeugentwicklung, Instandhaltung, Modernisierung
 - Elektrik, Software, Signalling,
 - Fahrzeugbeschaffung, Zulassungsmanagement, Bauüberwachung
 - Mechanteil
 - Fahrzeugdynamik, Entgleisungssicherheit, Festigkeit
 - Rad-/Schiene-Kontakt, Spurführung



- Systemeigenschaften aus Sicht der Spurführung
- Aufgaben Rad/Schiene-Kontakt
 - Kräfte, Folgen
- Normative Grundlagen
 - BOStrab, TR Sp
- Fahrverhalten
 - Anforderungen an die Spurführung, Schutzziele
 - Fahrt in der Geraden, im Bogen sowie in Weichen- und Kreuzungsanlagen
- Spuruntersuchung
 - Benennungen
 - Festlegungen der Schnittstelle „Rad/Schiene“
 - Befahrung von Weichen- und Kreuzungsanlagen
(Quermaßtabelle, Herstellmaße, Eingriffsschwellen für die Instandhaltung)
- Zusammenfassung

Systemeigenschaften bei Straßenbahnen aus Sicht der Spurführung

Systemeigenschaften bei Straßenbahnen aus Sicht der Spurführung

- **Straßenbahn, Stadtbahn**

- Trassierung, Gleise:
 - straßenbündige Gleise, besonderer Bahnkörper, unabhängiger Bahnkörper
 - Bögen mit Radien bis hinunter auf $R_b = 20$ bis 30 m sind die Regel, Extremfall knapp 12 m (Nordamerika: 10 m)
- Streckenbelastungen mit **20 000 t** / Gleis / Tag sind viel
- Normalspur $S = 1435$ mm (Nennwert z.T. „1432“),
Meterspur $S = 1000$ mm (Nennwert $S = 998$ bis 1003 mm),
Ausnahmen Dresden, Leipzig, Braunschweig
- Bezugsebene $A = 9, 10, 14$ mm (auch innerhalb eines einzigen Netzes wechselnd)
- Befahrung von Rillenschienen und -Anlagen in Tiefrillen und Flachrillenbauform



Systemeigenschaften bei Straßenbahnen aus Sicht der Spurführung

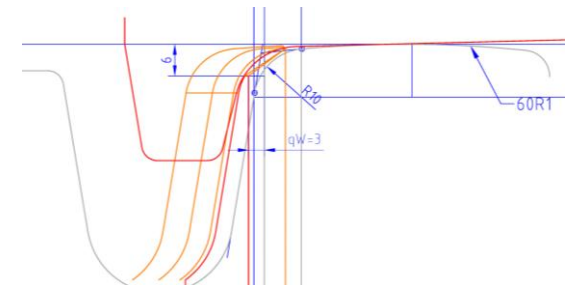
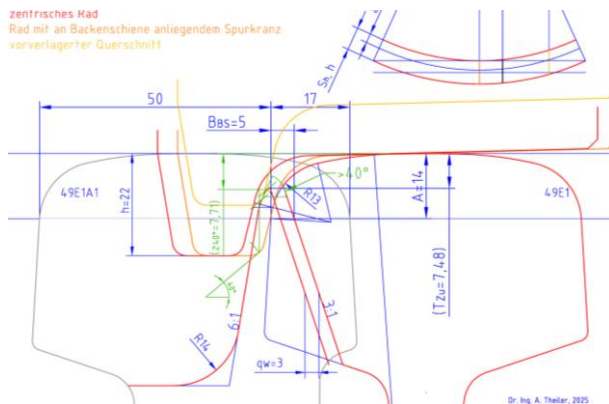
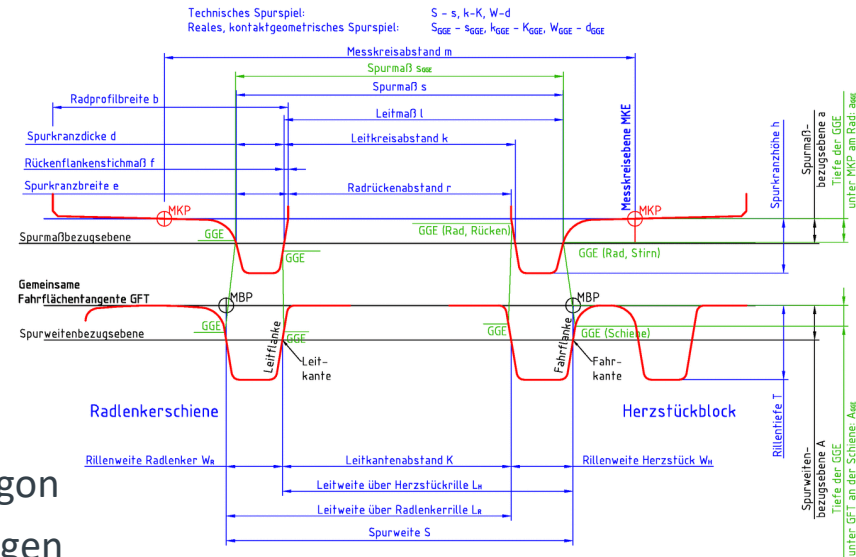
- **Straßenbahn, Stadtbahn**

- **Fahrwerke** als **Drehgestelle** (Drehgestellfahrzeug DGF, Stützgelenkfahrzeug SGF) oder **FW-Module** (Zentralfahrwerksfahrzeug ZFF, Multi-Gelenkfahrzeugen MGF),
- in Einzelfällen mit Radialeinstellung (passiv oder angelenkt)
- Radsätze und **Einzelräder** in Verwendung
- Kopplung der Drehraten in Längsrichtung (über Antrieb)
- Radaufstandskräfte bis ca. 50 kN



Systemeigenschaften bei Straßenbahnen aus Sicht der Spurführung

- **Straßenbahn, Stadtbahn (Fortsetzung)**
 - **Schienen, Weichen- und Kreuzungsanlagen in Vignol und Rillenbauform**
 - großteils **Sonderkonstruktionen** für spezifische Trassierungssituation mit wenig baulichem Spielraum
 - Höchstens Zungenvorrichtungen (ZV) sind standardisiert
 - **Tiefrillenanlagen und Flachrillenanlagen**
 - Kreuzungswinkel in Tiefrille bis ca. 20, 25 gon
 - in Flachrille bis zu rechtwinkligen Kreuzungen
 - Rillenweiten bis hinunter auf 22 mm

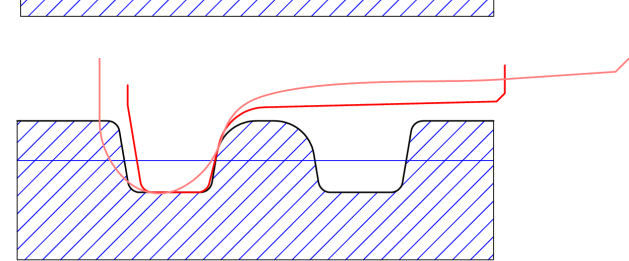
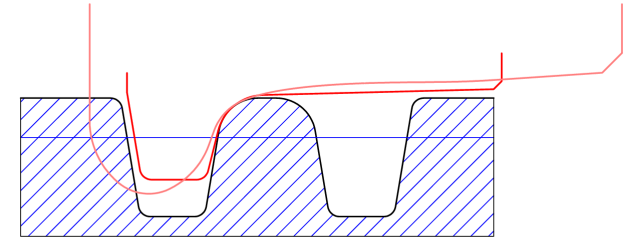


Systemeigenschaften bei Straßenbahnen

Spurführungssysteme (TR Sp)

- **Spurführungssystem S**

- klassische Straßenbahnen
- straßenbündige Gleise
- steile Kreuzungen (bis 90°)
- Fahrt in **Flachrillen**anlagen auf Rillengrund

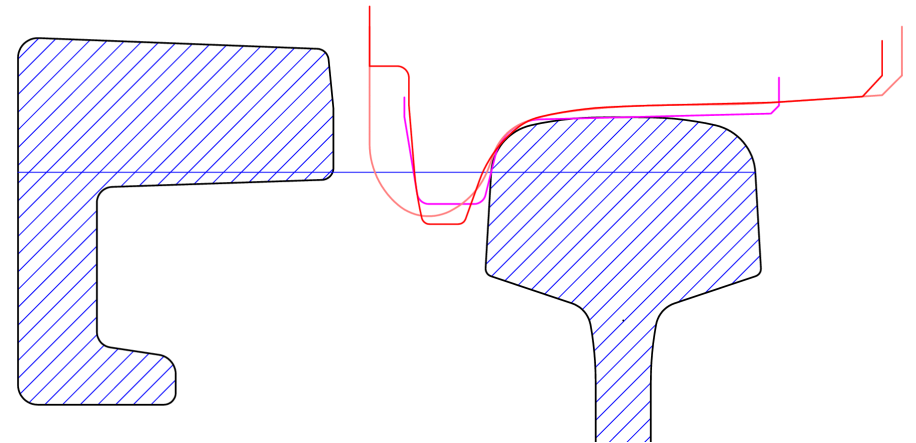


- **Spurführungssystem M**

- Mischform zwischen S und E
- Überbrückung Radrückenabstand durch Abstandsschulter
- Gewährleistung q_R -Maß für Befahrbarkeit von Eisenbahnweichen

- **Spurführungssystem E**

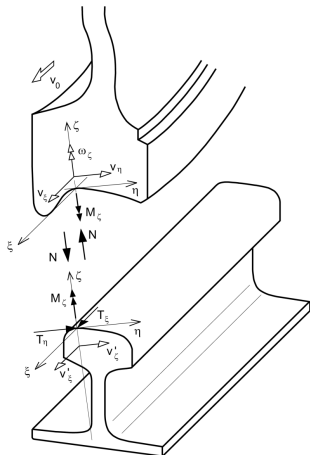
- eisenbahntypische Verhältnisse
- Großer, dicker Spurkranz
- breite Radprofile
- großes Stirnflankenquermaß
- Fahrt auf Spurkranzkuppe nur im Ausnahmefall



Treiben

Führen

Tragen



Streckengleis

Gerade

Laufdynamik

- Rollradiendifferenz Δr ,
- Kontaktwinkel $\Delta \gamma$,
- Konizität λ

Bogenfahrt

Entgleisungssicherheit

- Spurkranzstirnwinkel β_S
- Spurkranzhöhe h

Anlagen

Befahrung der Zungenvorrichtung

- Entgleisungssicherheit
- Abstimmung Spurkranz / ZV

Überfahrverhalten

Schädigung, Akustik, Komfort

- Radprofilbreite b
- Rillenweite W
- Rillentiefe T
- Spurkranzhöhe h
- Abzweigwinkel α

Herzstückbefahrung

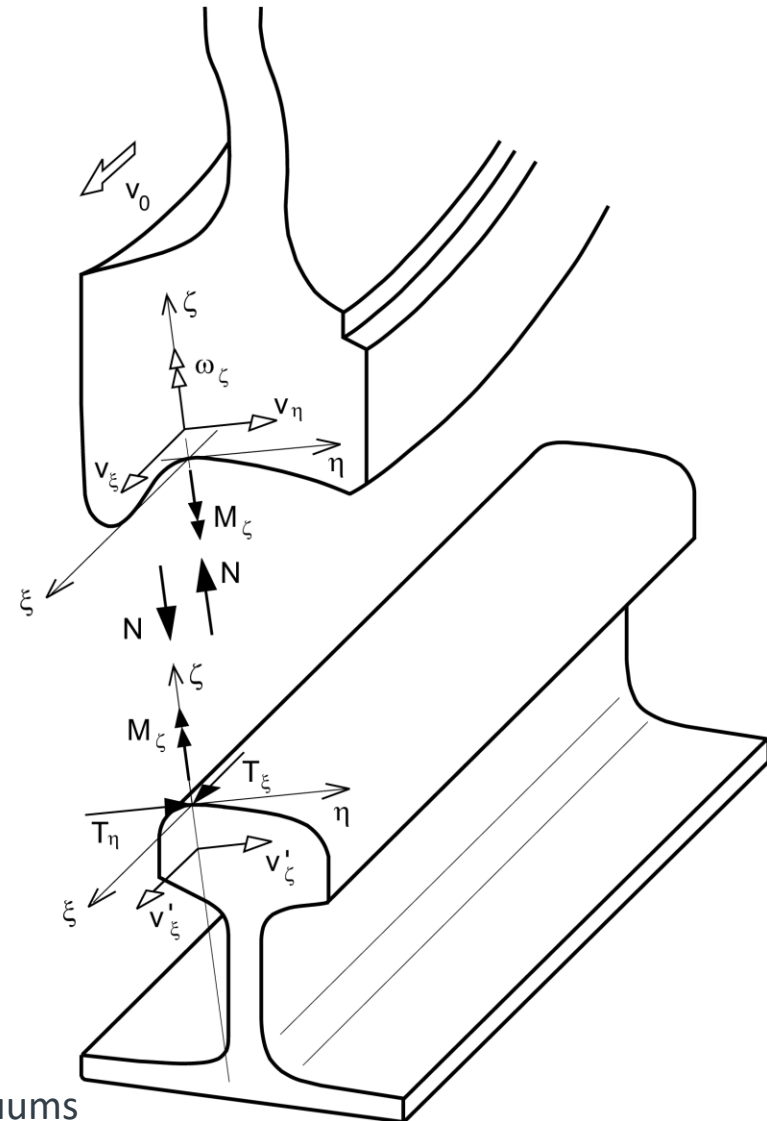
Quermaßkompatibilität

- Spurkranz $h, \beta_S, \beta_R, d, e, \dots$
- Rillendimensionierung W
- Radrückenabstand r
- Spurweite S

Aufgaben der Rad/Schiene-Paarung

Tragen / Führen / Treiben

- **Funktionselement:**
 - Oberflächen,
Querprofile von Rad und Schiene
- **Kräfte in der Oberfläche zwischen Rad und Schiene**
 - Normalkraft
 - Tangentialkraft in Längs- und Querrichtung der schräg stehenden Kontaktfläche
 - Bohrmoment
- Teilaspekte
 - Geometrieproblem (Rad/Schiene-Profilpaarung)
 - Normalkontaktproblem
 - Tangentialkontaktproblem
 - Kraftschluss
 - Reibschluss
 - Beanspruchung der Kontaktfläche und des Kontinuums



Aufgaben der Rad/Schiene-Paarung

Folgen des Rad/Schiene-Kontaktes

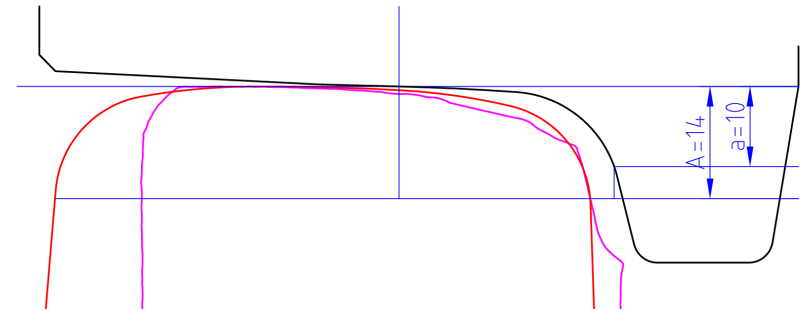
- **Seiten- und Vertikalverschleiß**
 - Bogenaußenschiene
 - Fahrflanke und Rillenkopfflanke!
 - Bogeninnerschiene
 - Fahrflanke und Rillenkopfflanke!
 - Gerades Gleis (!)
 - Fahrflanke (manchmal auch Leitflanke)!



Aufgaben der Rad/Schiene-Paarung

Folgen des Rad/Schiene-Kontaktes

- **Profilform, Schleifen, Fräsen**
 - unterschliffene Fahrflächen
 - verhindern optimalen Rad/Schiene-Kontakt



Aufgaben der Rad/Schiene-Paarung

Folgen des Rad/Schiene-Kontaktes

- ...damit sollen Fahrzeuge klarkommen



Aufgaben der Rad/Schiene-Paarung

Folgen des Rad/Schiene-Kontaktes

- **Überbeanspruchungen**
 - Hohe Vertikalbeanspruchung
 - Materialverquetschungen
 - Ausbrüche



Aufgaben der Rad/Schiene-Paarung

Folgen des Rad/Schiene-Kontaktes

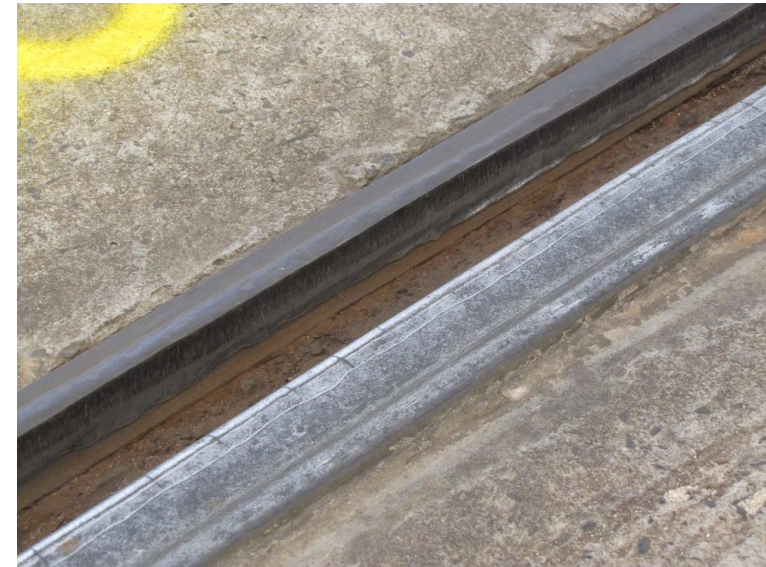
- **Rollkontaktermüdungsschäden (RCF)**
 - Squats, Head-Checks, etc.
 - größere Bögen, gerade Gleise
 - zyklische Überbeanspruchung
 - „zu wenig“ Verschleiß
- Eingriff erforderlich vor weiterem Risswachstum und Schienenbruch!



Aufgaben der Rad/Schiene-Paarung

Folgen des Rad/Schiene-Kontaktes

- Querbrüche (**mangelhafte Schweißarbeiten**)
 - Überbeanspruchung an Fahrkante
 - plastische Deformationen
 - Gratbildungen
 - Rissentstehung und -wachstum
 - **mangelhafte Schweißarbeiten**
 - Folge
 - Schienentausch



Aufgaben der Rad/Schiene-Paarung

Folgen des Rad/Schiene-Kontaktes

- Ausbrüche (**mangelhafte Schweißarbeiten**)
 - Überbeanspruchung an Fahrkante
 - plastische Deformationen
 - Gratbildungen
 - Rissentstehung und -wachstum
 - **mangelhafte Schweißarbeiten**
 - Folge
 - hoher Materialabtrag bei Instandsetzung erforderlich



Aufgaben der Rad/Schiene-Paarung

Folgen des Rad/Schiene-Kontaktes

- Zungenvorrichtung ZV
 - Anfahrungen Zungenspitze
 - verbogene Zungenschiene
 - ausgefahrene Zungensitze (stumpfe Befahrung)
 - Anfahrungen Zwickel/Zungenwurzel
 - Durchbiegung der abliegenden Zunge mit Führung an Anschlagseite (Leitflanke)
 - Entgleisungsrisiko



Aufgaben der Rad/Schiene-Paarung

Folgen des Rad/Schiene-Kontaktes

- Befahrung des Herzstückbereiches
 - frontales Anfahrungen der Herzstückspitze
 - seitliches Anlegen an die Fahrflanke der Herzstückspitze



- Eisenbahn, Deutschland: EBO, ESBO, TSI
- Nahverkehr, Deutschland: **BOStrab**
- Bahnen, Schweiz: AB-EBV R RTE 29500, 22564
- Spurführung: (alte) „Spurführungsrichtlinien“ SpR (VDV Band 75, 1994)
„Technische Regeln Spurführung“ TR Sp (2006)
DIN 5644-2 „Spurführung“ (in Erarbeitung)
- Konstruktion: **VDV Schrift 600** (VDV Oberbaurichtlinien)
DIN 5644-1
DIN EN 13232 (Eisenbahnen)
Vignolschienenprofile DIN EN 13674 (auch Zungenschienen, Radlenkerschienen)
Rillenschienenprofile DIN EN 14811
Radprofile, Eisenbahn DIN EN 13715 (Eisenbahn)
(Radprofile, Straßenbahn) DIN 25112 (Strab, historisch)
- Fahrtechnische Prüfung von Schienenfahrzeugen: DIN EN 14363
- Gleisbaumaschinen DIN EN 14033
- Fahrkomfort DIN EN 12299
- Firmeninterne Regelungen: DB AG Kori, Dienstanweisungen der Betreiber

- Aufgaben / Anforderungen an das Rad/Schiene-System
 - **EN 14363:** *Fahrtechnische Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen*
(aus UIC 518) *Nachweisführung zur Sicherheit gegen Entgleisen im Rahmen der Fahrfähigkeitsuntersuchung*
 - UIC 510-2: *Bedingungen für die Verwendung von Rädern ... hinsichtlich Entgleisungssicherheit: Befahrung DH in Kr*
 - ORE B55 Rp8: *Entgleisungssicherheit von Güterwagen in Gleisverwindungen*
 - ORE C70: *Gegenseitig zulässige Abnutzungsprofile von Radreifen und Weichenanlagen*
Befahrung von Weichenzungen
 - *DIN EN 13232, DIN EN 13803-2, etc.*
- Technische Regeln Spurführung (TR Sp, zukünftig DIN 5644-2)
 - Geometrische Anforderungen an Rad- und Schienenprofile
 - Erstellung von Quermaßstabellen (für Bemessung von Weichen- und Kreuzungsanlagen)
- Oberbaurichtlinien (OR, VDV Schrift 600)
- ... sowie im Bedarfsfall die oben genannten

- BOStrab

- § 17 (2) BOStrab – Oberbau:
Gleismaße und Fahrzeugmaße ...

§ 35 (1) BOStrab – Fahrwerke:

Die **für** die **Laufeigenschaften** wesentlichen **Fahrzeugmaße und Gleismaße...**

... 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.

- Umsetzung

- für Strab in TR, zukünftig DIN
 - EN-Normen eher für Eisenbahnbereich (Achtung: **Anwendungsgebiet** beachten!)

Fahrverhalten / Spurführung

Anforderungen an die Rad/Schiene-Paarung

Fahrverhalten / Spurführung

Anforderungen an die Rad/Schiene-Paarung

- Anforderungen
 - **Fahrsicherheit** (Sicherheit gegen Entgleisen, Fahrstabilität, Geringe Kräfte)
 - **Kompatibilität mit Weichen- und Kreuzungsanlagen** („Spurführung“)
 - Fahrkomfort
 - wirtschaftliche Betriebsführung
- **Streckengleis:** Entgleisungssicherheit, Fahrverhalten, Fahrkomfort, geringe Kräfte
 - **Kinetische Untersuchung** (analytisch/numerisch, Fahrzeugdynamik, **MKS-Simulation**), **Fahrversuche**
 - relevante Systemeigenschaften:
zentrale und innere **Fahrfläche des Rades**, Neigung der **Spurkranzstirnflanke**
 - zu bewertende Größen: Spurführungskräfte, **Radanhebung**
- **Weichen und Kreuzungsanlagen:** „Spurführung“
 - **geometrische Nachweisführung** („Spuruntersuchung“, „Quermaßnachweis“)
 - relevante Systemeigenschaften:
Spurkranz, (Dicke, Breite, Flankenneigungen, Höhe, Radrückenabstand)
Spurweite, Schienenprofil, Rillenweiten
 - zu bewertende Größen: **Zwängungsfreiheit**, Vermeidung unerwünschter Anfahrungen

Fahrverhalten / Spurführung

Anforderungen an die Rad/Schiene-Paarung

- Anforderung „Sicherheit gegen Entgleisen“:
- „**Entgleisen**“ nach TR Sp (zur BOStrab):
 - *„Anheben eines Rades bis zum Auffahren der Spurkranzkuppe auf die Fahrflächen der Schiene bzw. auf den Kopf von Leiteinrichtungen mit nachfolgendem Verlassen der Schiene.“*
- **Aufklettern:**
 - *„Hinaufdrücken eines mit der Stirn oder dem Rücken seines Spurkranzes an der Fahr- bzw. Leit- oder Rillenflanke anfahrenen Rades auf die Fahrfläche der Schienen bzw. auf den Kopf der Leiteinrichtung unter Kraftschluss durch seitliche Spurführungskräfte“.*
 - *dynamischer Vorgang, Prüfung der auftretenden Kräfte und Bewegungen (z.B. Radanhebung, Y/Q)*
 - *klassischer Problemfall für*
 - **Fahrt in Gleisbögen** (kinetische Untersuchung)
 - **Fahrt im verwundenen Gleis** (kinetische Untersuchung)
- **Aufsteigen:**
 - *„Hinauffahren eines Rades auf ein Hindernis in seinem Fahrweg“*
 - *Prüfung der geometrischen Kompatibilität (Ausschluss von Zwängungen)*
 - *klassischer Problemfall für*
Spurführung in Weichen und Kreuzungsanlagen (geometrische Untersuchung)

Fahrverhalten / Spurführung

Kritische Betriebsszenarien (Auswahl)

- Kritische Betriebsszenarien (Auswahl)
 - Radentlastungen
 - Verwindungssituationen (Verwindung = Änderung der Überhöhung entlang der Strecke)
 - Radentlastungen beim Befahren von Verwindungen (= Änderung der Überhöhung)
Trassierungsverlauf („1:300“), Überhöhungsrampen
 - Pumpstellen (eventuell sogar noch einseitig)
 - steife Fahrwerkskonstruktionen, ungleichmäßige Radlastverteilung
 - Zwängungen
 - Verschlossene Gleisanlagen: Abnehmende Spurweite, zunehmender Leitkantenabstand
 - Nicht eingehaltene Radspurmaße (Zwängungen, Verschleiß am Rad)
 - Verschlossene Profilpaarung
 - zu steiler Spurkranz (Befahrung von unterschlagenden Zungenvorrichtungen)
 - zu flacher Fahrflanke der Schiene (bogenaußen und bogeninnen!)
 - (Seitenverschleiß, treppenförmige Schienenkopfausföhrung)
 - Aus Wagenkastenverbund resultierende Querkräfte
 - Schräg zur Fahrzeuglängsachse eingeleitet hohe Kupplungskräfte
 - Fliehkrafteinwirkung (im letzten Wagen bei beschleunigter Ausfahrt aus engen Gleisbögen)
 - zu schnelles Fahren in Gleisbögen
 - zu schnelles Fahren in der Geraden: „Schlingern“

Fahrverhalten / Spurführung

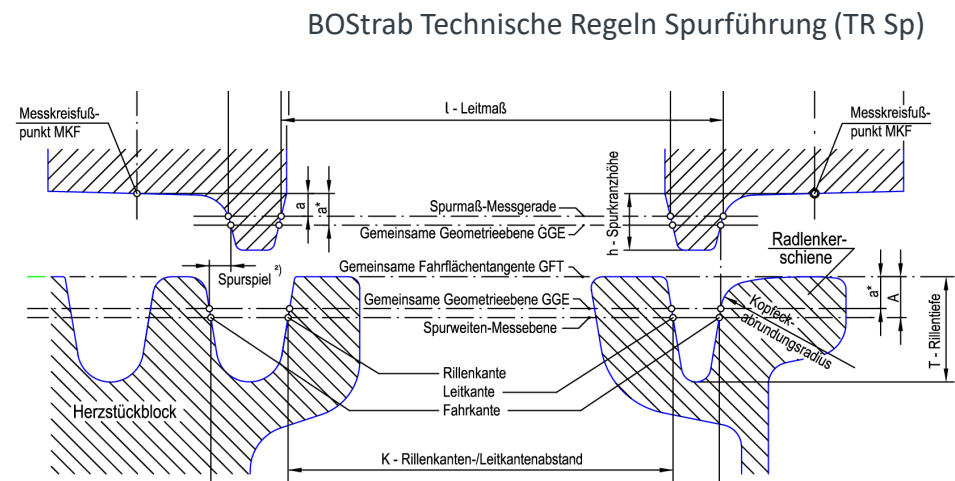
Schutzziele / Anforderungen / Maßnahmen

Fahrverhalten / Spurführung

Schutzziele / Anforderungen / Maßnahmen

- Fahrt im Streckengleis und im Weichenbereich: Schutzziele (obligatorisch)
 - Aufsteigen durch zu **enge Rillenweite** verhindern
 - Aufsteigen durch zu **enge Spurweite** verhindern
 - Aufsteigen durch zu **großen Leitkantenabstand** verhindern
- Anforderungen
 - **Zwängung** in **Rillenweite** verhindern
 - **Zwängung** in **Spurweite** verhindern
 - **Zwängung** an **Leitflanken** verhindern
- Maßnahme
 - aufeinander abzustimmende Maße:

- **Spurkranzdicke** und **Rillenweite**
- **Spurmaß** und **Spurweite**
- **Leitkreisabstand** und **Leitkantenabstand**



Fahrverhalten / Spurführung

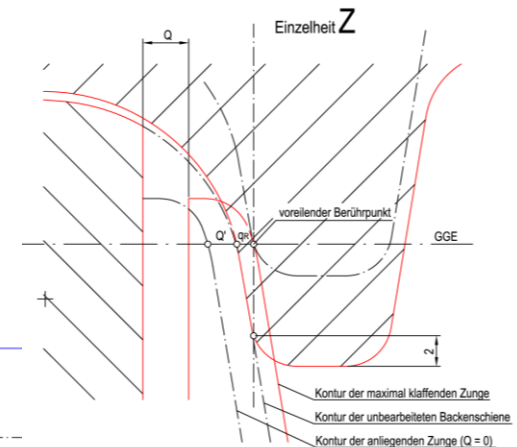
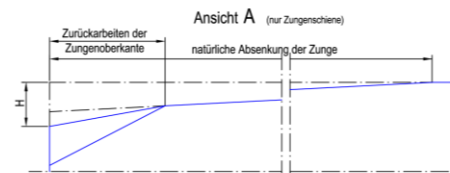
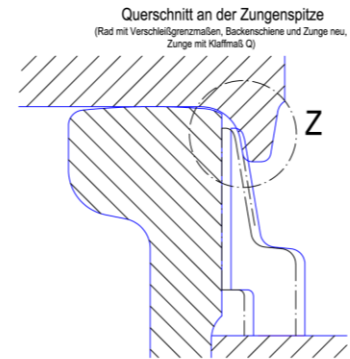
Schutzziele / Anforderungen / Maßnahmen

- Fahrt im Weichenbereich: Schutzziele (obligatorisch)
 - Aufsteigen durch Anfahren der Weichenzunge verhindern
 - Aufsteigen durch Anfahren der Herzstückspitze verhindern

BOStrab Technische Regeln Spurführung (TR Sp)

- Anforderungen
 - frontale Anfahrt der **Weichenzunge** verhindern
 - frontale Anfahrt der Herzstückspitze verhindern
 - frontale Anfahrt der Leitkantenspitze verhindern

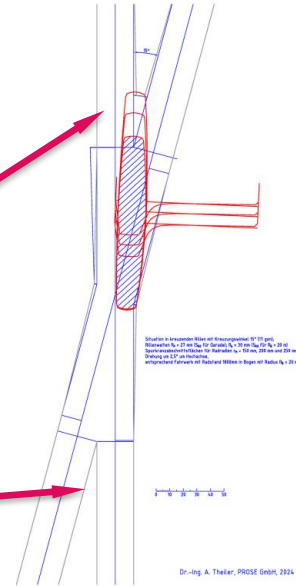
- Maßnahme
 - aufeinander abzustimmende Maße:
 - Konstruktion **Weichenzunge** und **Spurkranz**
 - Bei unterschlagenden Zungen Beachtung **Klaffmaß** und **Stirnflankenquermaß**



Fahrverhalten / Spurführung

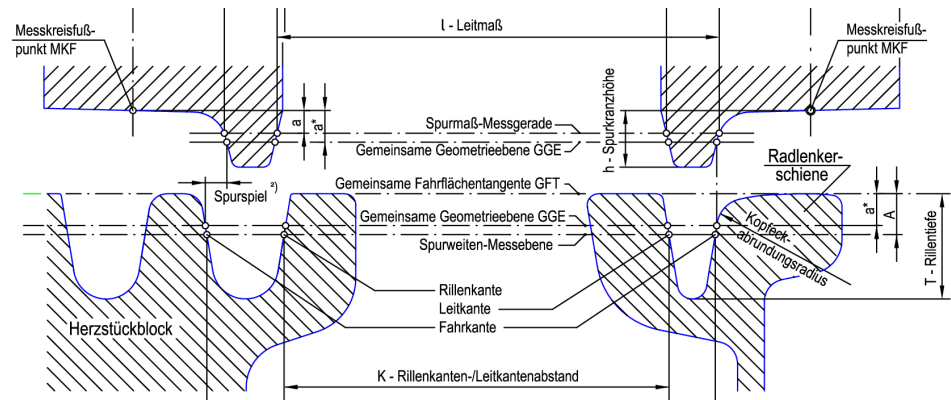
Schutzziele / Anforderungen / Maßnahmen

- Fahrt im Weichenbereich: Schutzziele (obligatorisch)
 - Aufsteigen durch Anfahren der Weichenzunge verhindern
 - Aufsteigen durch Anfahren der Herzstückspitze verhindern**
- Anforderungen
 - frontale Anfahrung der Weichenzunge verhindern
 - frontale Anfahrung der Herzstückspitze verhindern**
 - frontale Anfahrung der Leitkantenspitze verhindern**



- Maßnahme
 - aufeinander abzustimmende Maße:
 - Spurkranzdicke und Rillenweite
 - Spurmaß und Spurweite
 - Leitmaß und Leitweite**
 - Radrückenabstand und Leitkantenabstand

BOStrab Technische Regeln Spurführung (TR Sp)



-

- ## BOStrab Technische Regeln Spurführung (TR Sp)

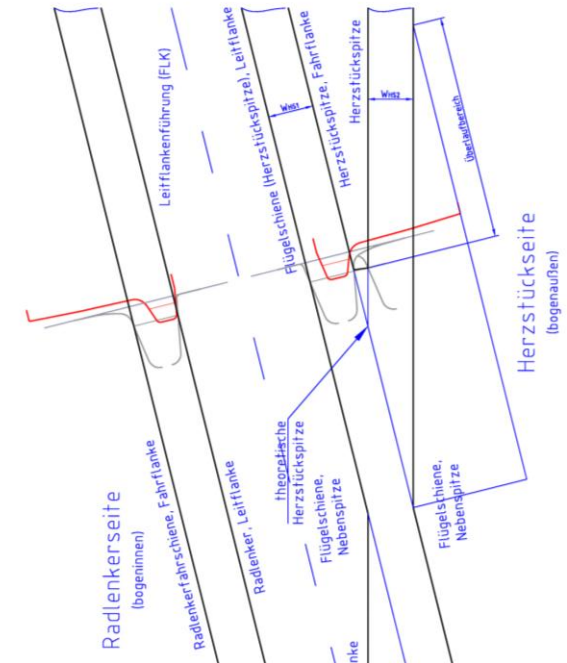
The diagram illustrates the geometry of a gear tooth cross-section with the following labeled components and parameters:

- Messkreisfußpunkt MKF**: Measurement circle base point.
- l - Leitmaß**: Lead.
- Spurmaß-Messgerade**: Addendum measurement line.
- Gemeinsame Geometrieebene GGE**: Common geometry plane.
- h - Spurkränzhöhe**: Addendum height.
- Spurspiel s_j** : Addendum clearance.
- Gemeinsame Fahrflächentangente GFT**: Common driving surface tangent.
- Gemeinsame Geometrieebene GGE**: Common geometry plane.
- Spurweiten-Messebene**: Addendum measurement plane.
- Radlenkerschiene**: Rack profile.
- Kopfkekstrahlungsradius**: Fillet transition radius.
- a**: Addendum.
- a'**: Addendum modification.
- A**: Total addendum.
- T - Rillentiefe**: Root depth.
- K - Rillenkanten-/Leitkantenabstand**: Root fillet/lead edge distance.
- Rillenkante**: Root edge.
- Leitkante**: Lead edge.
- Fahrkante**: Driving edge.
- Herzstückblock**: Heart-shaped block.

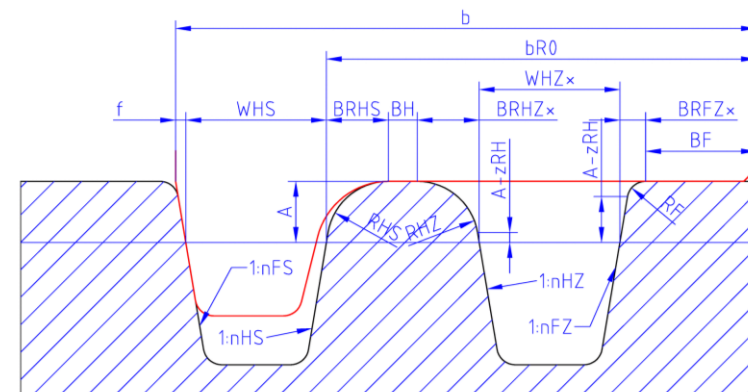
Fahrverhalten / Spurführung

Schutzziele / Anforderungen / Maßnahmen

- Fahrt im Weichenbereich: Schutzziele (wünschenswert)
 - Seitenverschleiß an Herzstückspitze vermeiden
 - Seitenverschleiß an Leitkantenspitze vermeiden
 - Überbeanspruchung bei Herzstücküberfahrt vermeiden**
- Anforderungen
 - seitliche Anfahrung der Herzstückspitze vermeiden
 - seitliche Anfahrung der Leitkantenspitze vermeiden
 - „Hineinfallen“ in Herzstücklücke vermeiden**
Mindestaufstandsbreite gewährleisten
- Maßnahme
 - aufeinander abzustimmende Maße:
 - Radprofilbreite,**
 - Rillenweiten und Abzweigwinkel**



Dr.-Ing. A. Theiler, 2025

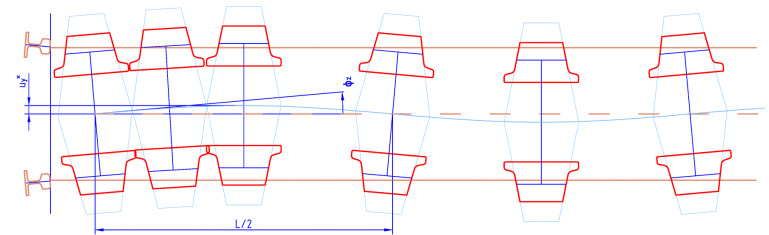


verbindliche und anzustrebende Erfüllung von Anforderungen

- Verbindliche und anzustrebende Anforderungen zur Spurführung („Muss“ und „Soll“-Bedingungen)
 - **verbindlich:**
 - Verhinderung frontaler Anfahrungen
 - Zwängungsfreiheit
 - Befahrbarkeit Vignolzunge
 - Befahrbarkeit Doppelherzstück
 - **anzustrebende Anforderungen**
 - Vermeidung seitliche Anfahrungen
 - Vermeidung vertikaler Stöße
- Wenn die Betriebssicherheit erfüllt ist...
 - Einhaltung der Anforderungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit
 - Verschleißminimierung
 - Optimierung / Anpassung des Rad/Schiene-Systems an die vorliegenden Systemverhältnisse

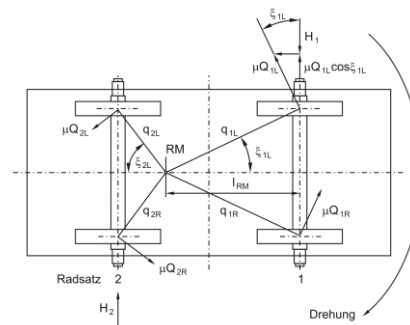
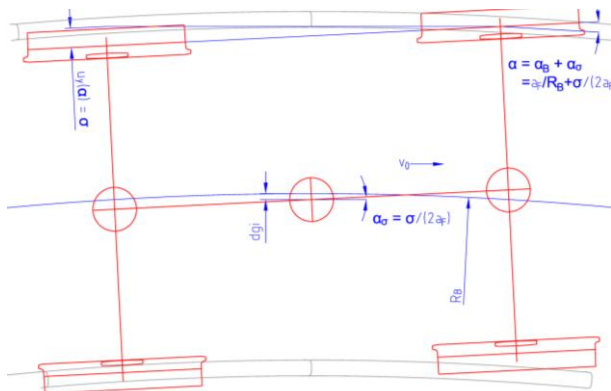
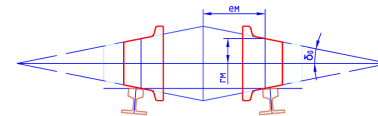
- Fahrt in der Geraden

- möglichst **Zentrierung**
- ruhiger Fahrzeuglauf, keine Instabilität auch bei erhöhten Geschwindigkeiten

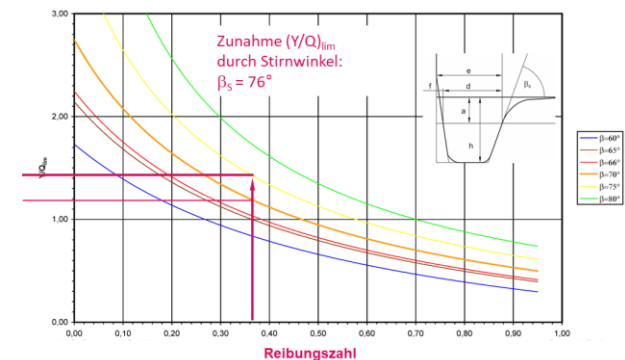


- Fahrt im Bogen

- **Sicherheit gegen Entgleisung** (durch Aufklettern)
- Begrenzung der Querverschiebung des Radpaares durch Spurkranz
- **Geringe Spurführungskräfte**
- Radialeinstellung gewünscht (sofern möglich)
- Reduzierung Seitenverschleiß



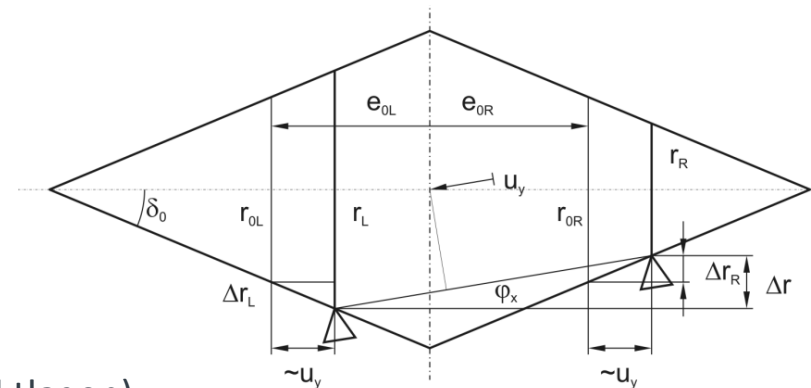
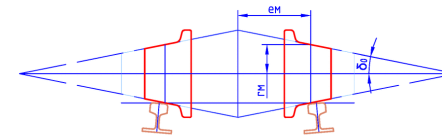
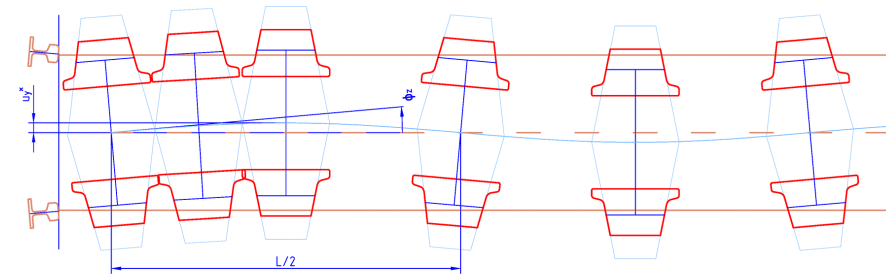
typisch für
Straßenbahn:
 $(Y/Q)_{lim} = 1,5$



Fahrt in der Geraden und im Bogen

Zentrierung des Radpaares

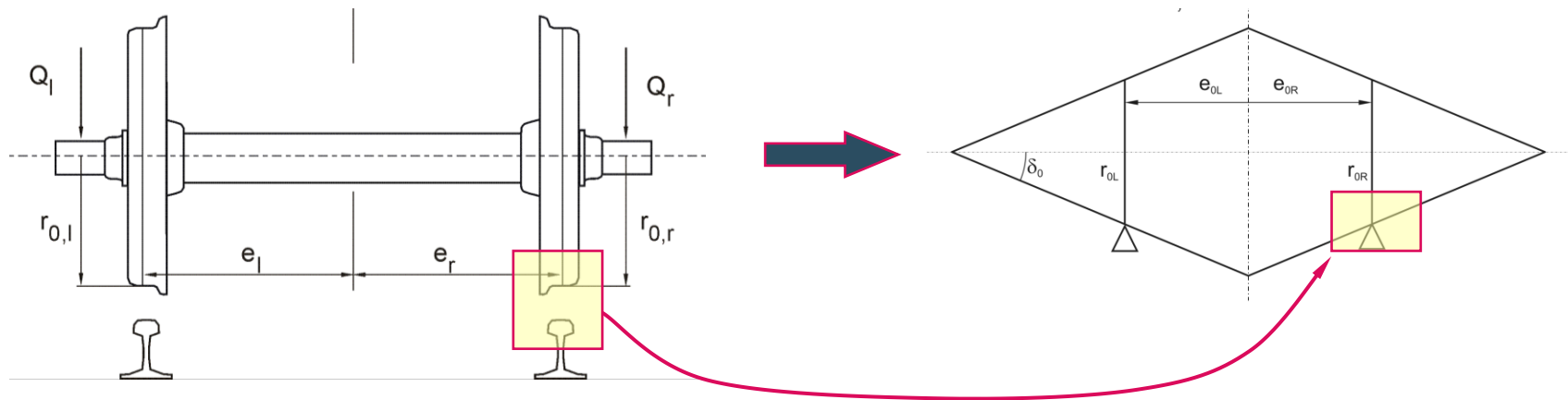
- **Radsätze(!!!)** (nicht: Radpaare)
 - Laufruhe / Komfortverhalten (lateral)
 - Drehgestellfahrzeuge mit starren Radsätzen
- Rückstellwirkung durch
 - Rollradiendifferenz
 - unterschiedliche Umfangsgeschwindigkeiten
 - Wendemoment
 - **NICHT: durch Pendelrückstellung!!!**
- Zentrierung durch
 - Dämpfung der Querbewegung
- Einflussgrößen
 - Fahrgeschwindigkeit
 - Fahrwerksparemeter (Längsfesselung)
 - Neigung δ_0 einer konischen Lauffläche bzw. Mittelung „Äquivalente Konizität“ λ_e aus Rollradiendifferenzfunktion Δr (Kontaktpunktlagen)
- Möglichkeit zur **Instabilität** gegeben!



Fahrt in der Geraden und im Bogen

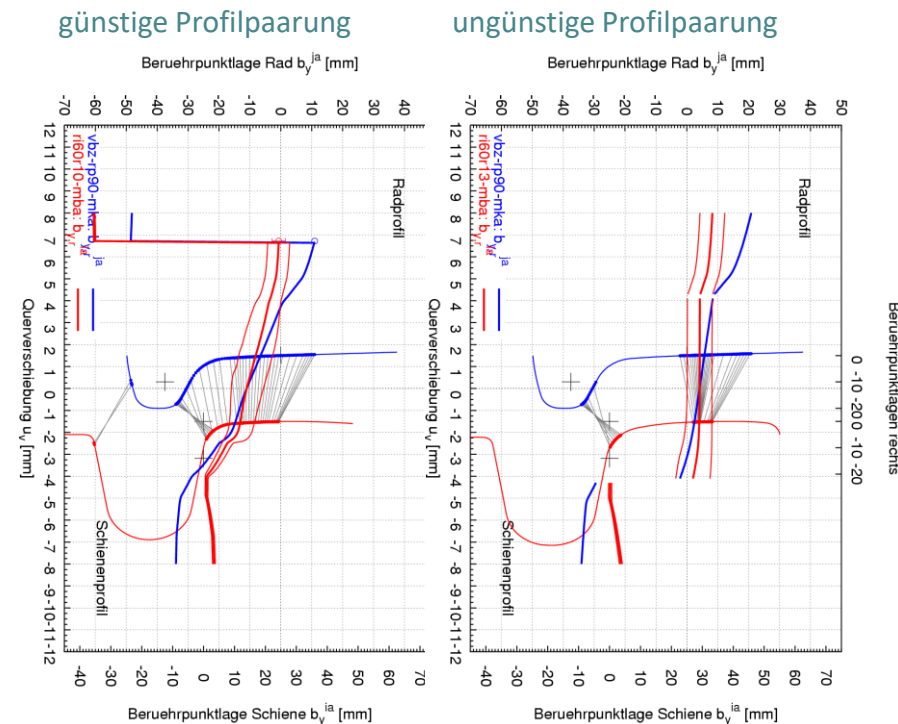
Zentrierung des Radpaares

- Geradeauslauf
 - Relevanz:
 - über 90 % der Streckenlänge eines Netzes sind Bögen mit $R > 600$ m bzw. Geraden
 - Bögen mit Radien über ca. 500m können vom Radsatz ohne Anlaufen passiert werden
 - Profileigenschaften der zentralen Lauffläche entscheiden über Fahrverhalten (Ableitung laufdynamischer Kenngrößen „Rollradiendifferenz“ $\Delta r(u_y)$, „Äquivalente Konizität“ λ_e , Kontaktwinkelsumme $\Sigma \gamma_{l,r}$)
 - Querprofil: Modellierung als Doppelkonus, Öffnungswinkel muss korrekt eingestellt werden



Fahrt in der Geraden und im Bogen Zentrierung des Radpaares

- Fahrt in der Geraden und im Bogen mit großem Radius
- Wünschenswerte Kontaktverhältnisse:
 - kontinuierliche Kontaktpunktverlagerung
 - keine Konzentration von Kontaktpunktlagen
 - Beachtung der „statistischen Aufenthaltswahrscheinlichkeit“ des Rades
 - Kontaktspannungen sollen möglichst gering sein (=> Kontaktbreiten möglichst groß) (Beachtung „Konformität“ („Kranrolle“) und damit verbundener hoher Konizität)
 - Bei Radsatzfahrwerken: vorhandene aber beschränkte (äquivalente) Konizität λ_e
 - Bei Einzelradfahrwerken: Aufbau einer Kontaktwinkelsumme



Fahrt in der Geraden und im Bogen

Fahrt im Bogen – Fahrwerksstellungen

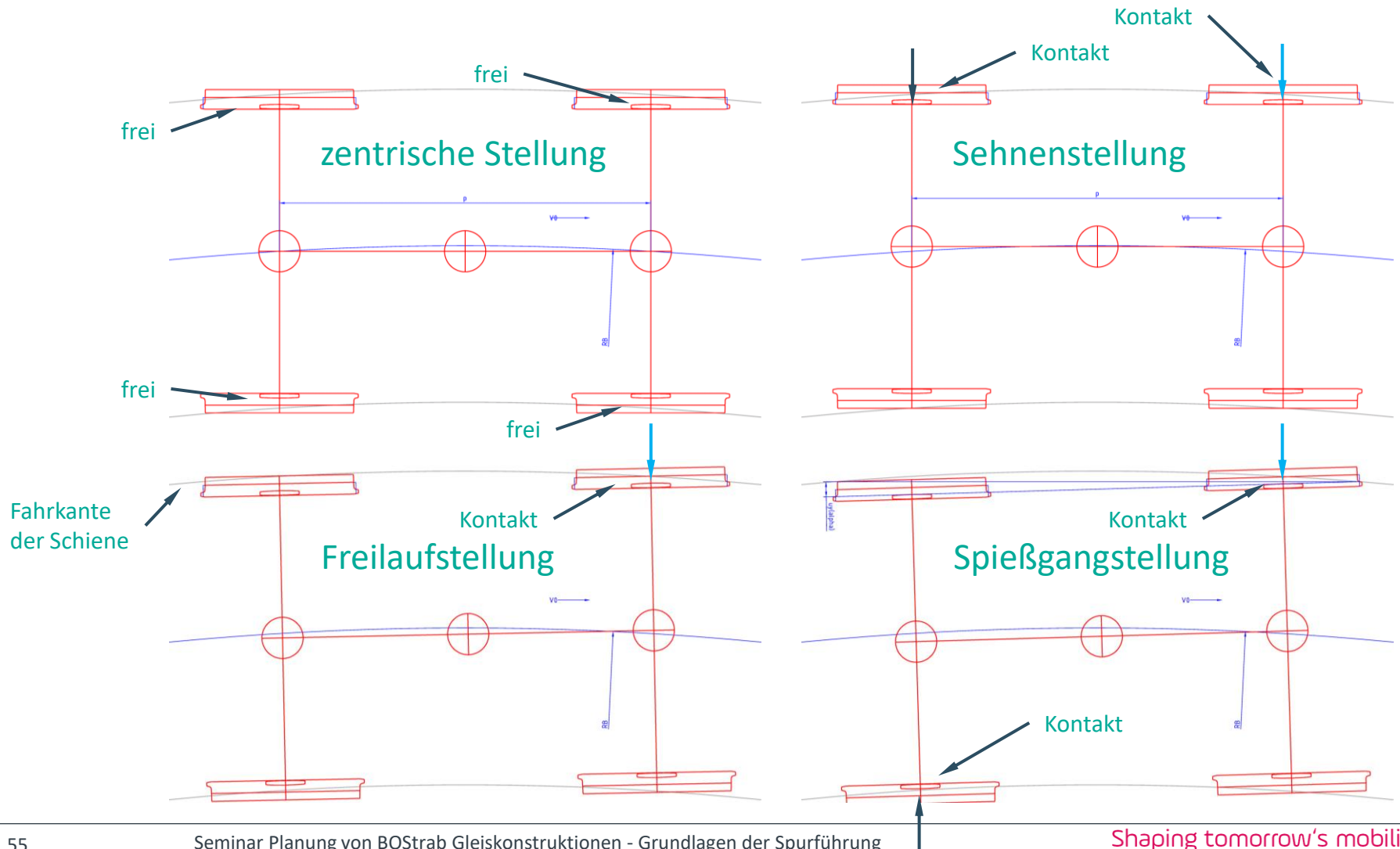
- vorderes bogenäußeres Rad:
 - Anfahren an Fahrflanke der Bogenaußenschiene
- hinteres bogeninneres Rad:
 - bei größerem Bogen und/oder viel Spurspiel: Freilauf
 - bei engem Bogen und/oder wenig Spurspiel: Spießgangstellung



Fahrt in der Geraden und im Bogen

Fahrt im Bogen – Fahrwerksstellungen

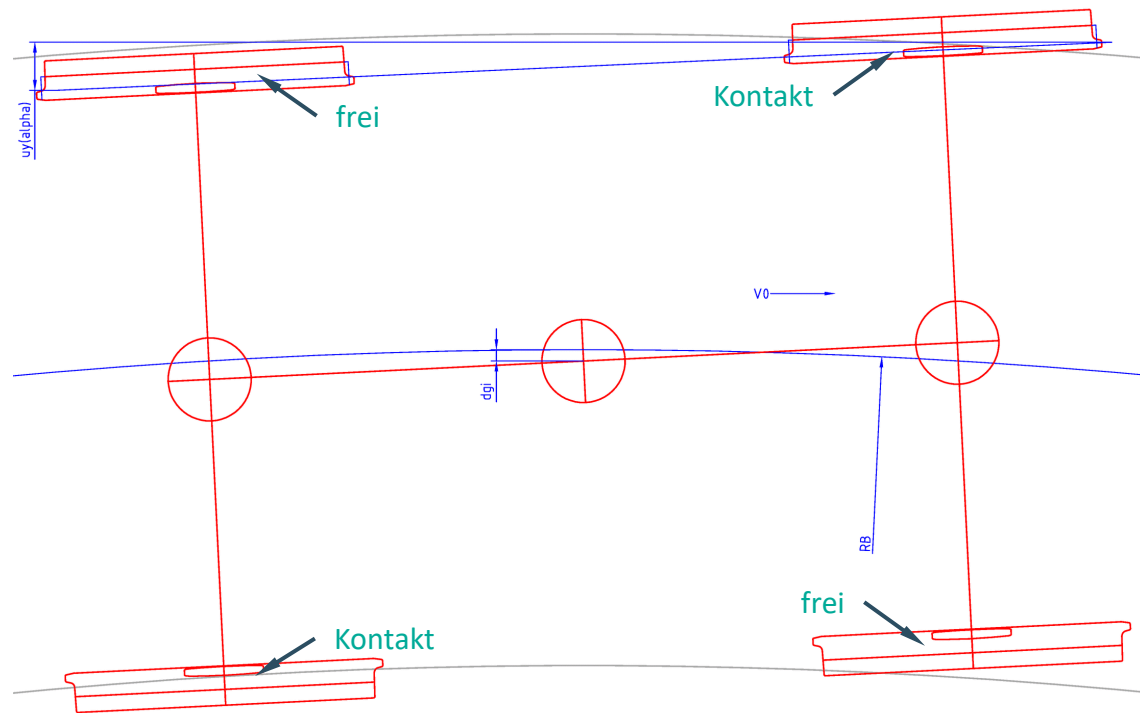
- Fahrwerksschrägstellungen bei Bogenfahrt (Einzelfahrwerke, Drehgestelle)



Fahrt in der Geraden und im Bogen

Fahrt im Bogen – Fahrwerksstellungen

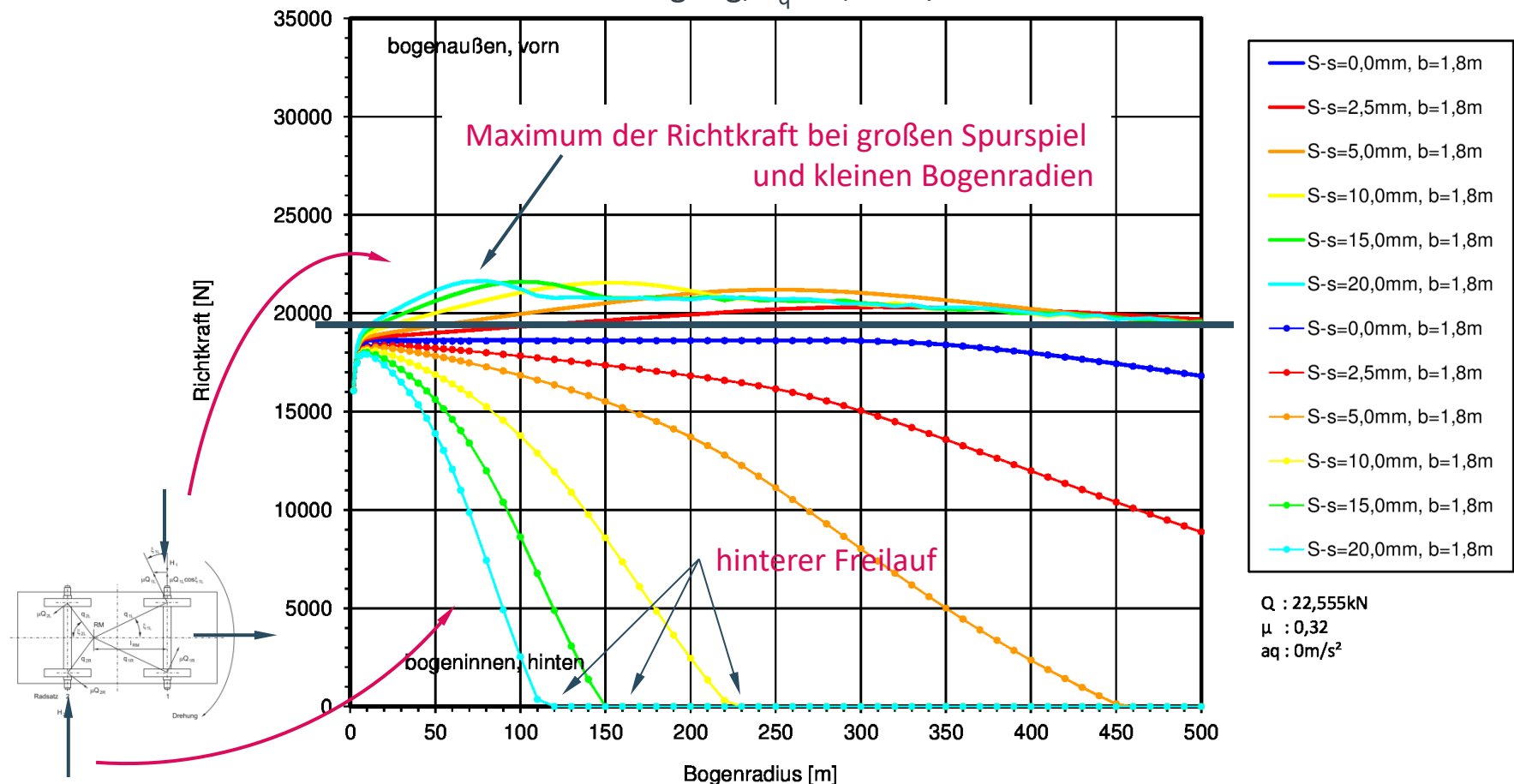
- Spießgang
 - typische Fahrwerksstellung in engen Bögen und/oder bei geringer freier Seitenbeschleunigung a_g
 - **bogenäußeres vorlaufendes Rad führt mit Stirnflanke an Fahrflanke der Schiene, bogeninneres nachlaufendes Rad führt mit Stirnflanke an Fahrflanke der Schiene**
 - vorlaufendes bogeninneres Rad könnte Kontakt mit Rückenflanke übernehmen, nachlaufendes bogenäußeres Rad könnte Kontakt mit Rückenflanke übernehmen
- relevanter R/S-Kontakt an Stirn- und Rückenflanke
- verantwortlich für Spurführung:
 - Quermaße
 - Kopfeckabrundung
 - Flankenneigungen



Fahrt in der Geraden und im Bogen

Richt- und Führungskräfte

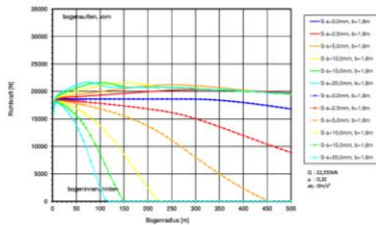
- Spurführungskräfte am Radsatzfahrwerk bei Variation des Bogenradius
 - Variation des Spurspiels S - s
 - Einfluss der freien Seitenbeschleunigung, $a_q = 0,00 \text{ m/s}^2$



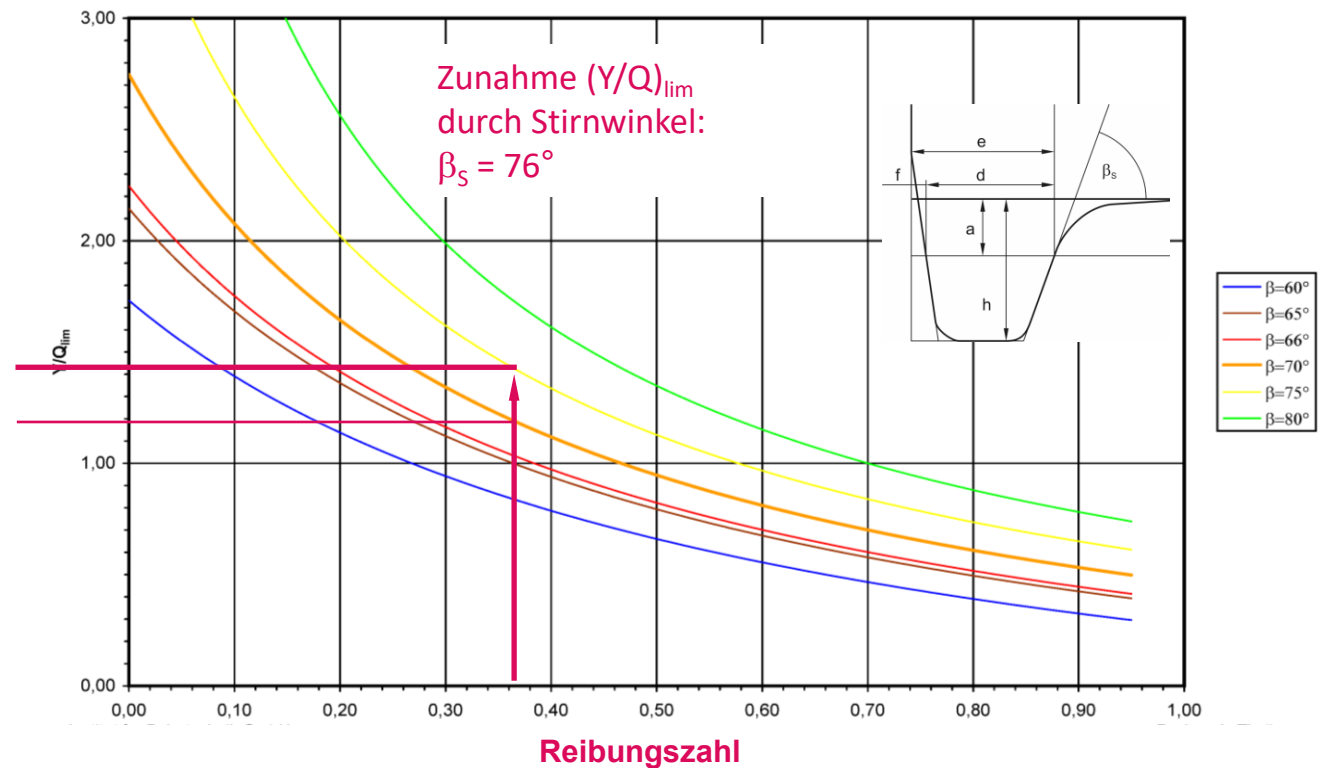
Fahrt in der Geraden und im Bogen

Grenze für die Sicherheit gegen Entgleisen, Nadal

- **Grenzwert $(Y/Q)_{lim}$ für Entgleiskoeffizienten nach NADAL:**
 - Gleichung $(Y/Q)_{lim} = (\tan \beta_s - \mu) / (1 + \mu \tan \beta_s)$
 - Grenzwert $(Y/Q)_{lim}$ wird mit zunehmenden Stirnwinkel β_s erhöht
 - Grenzwert $(Y/Q)_{lim}$ wird mit zunehmender Reibungszahl μ verringert



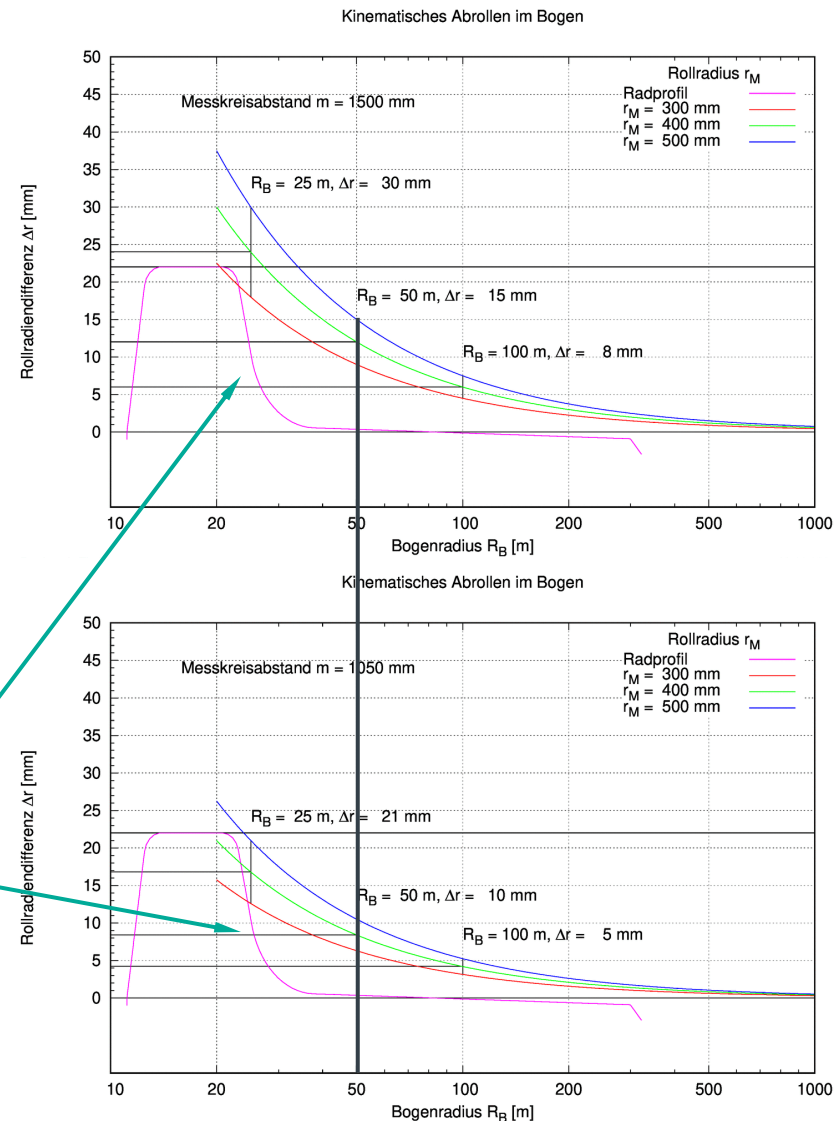
typisch für
Straßenbahn:
 $(Y/Q)_{lim} = 1,5$



Fahrt in der Geraden und im Bogen

Große und enge Bogenradien

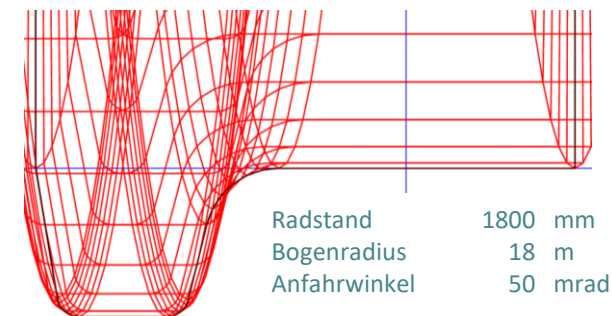
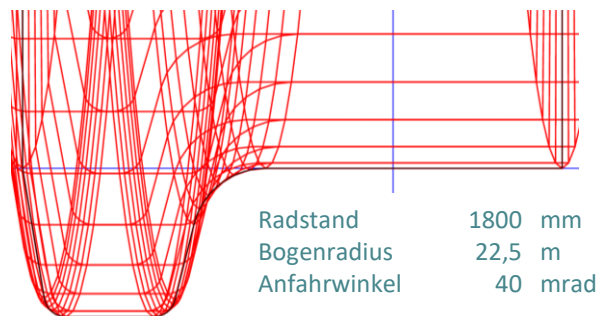
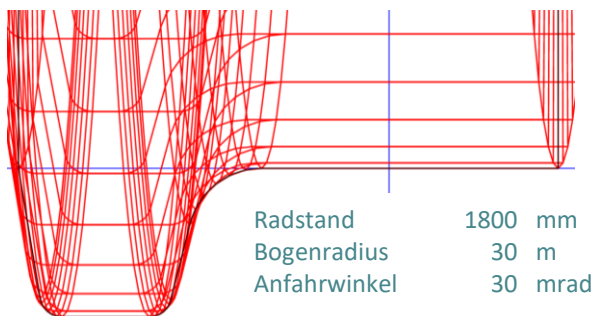
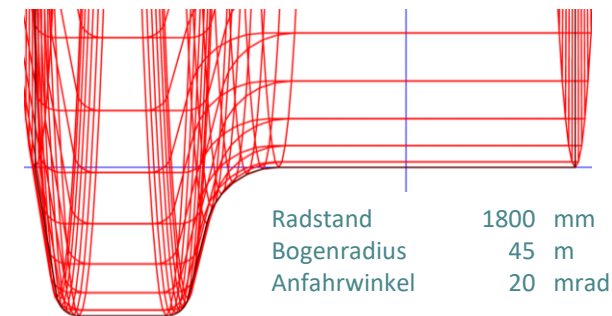
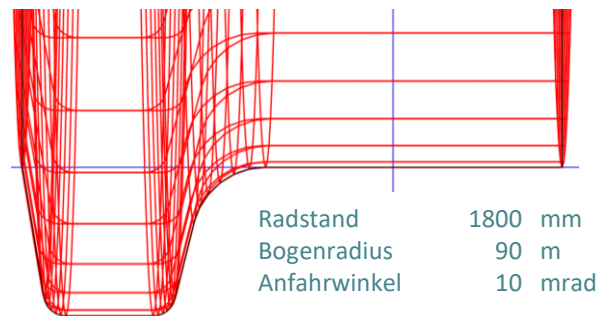
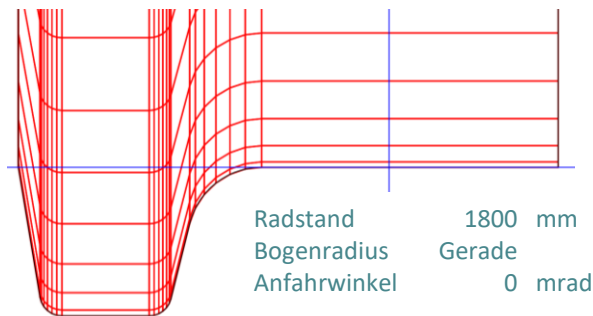
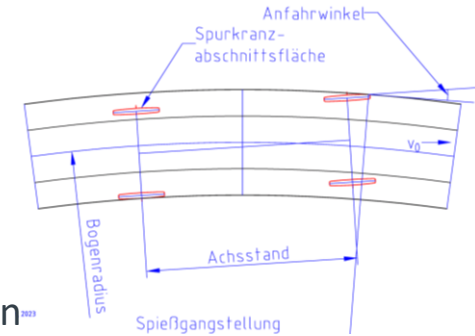
- „wann ist ein Bogenradius „groß“?
(Klassifikation der Bogenradien)
 - Merkmal: „Rollradiendifferenz $\Delta r(u_y)$ “
es gilt $\Delta r = m \cdot r_M / R_B$
mit
 - Δr für kinematisches Abrollen erforderliche Rollradiendifferenz
 - m Messkreisabstand
 - R_B : Bogenradius
 - Ergebnis:
 - Bei Bogenradien unter 50 m würde die Rollradiendifferenz für kinematisches Abrollen bereits eine Kontaktpunktlage in Spurkranzkehle bzw. Stirnflanke erfordern!



Fahrt in der Geraden und im Bogen

Große und enge Bogenradien

- Frage: Wann ist ein Bogenradius „groß“?
(Klassifikation der Bogenradien)
 - Bewertungskriterien
 - Veränderung Abmessungen Spurkranz in Hüllkurve
 - Verkürzung Radrückenabstand in der Radialen
 - erforderliche Rollradiendifferenz für kinematisches Durchrollen^{mm}



Fahrt in der Geraden und im Bogen

Große und enge Bogenradien

- „wann ist ein Bogenradius „groß“?
(Klassifikation der Bogenradien)

- Merkmal: „Anfahrwinkel α “

es gilt mit $\alpha = \alpha_{RB} + \alpha_{\sigma} = (2a_F/2)/R_B + \sigma/(2a_F)$ d.h. $\alpha_{RB} = \alpha_{\sigma}$ wird erreicht bei $R_B = 2(a_F^2/\sigma)$

- σ : technisches Spurspiel,
- $2a_F$: Radstand,
- R_B : Bogenradius

- Beispiel:

- Radstand $(2a_F) = 1800$ mm, Spurspiel = 5 mm
- Gerade Gleise: $R_B > 324$ m (α_{RB} erreicht α_{σ} bei Nennspurspiel)
- Bögen (Die Zuordnung bleibt subjektiv)

200 m $< R_B$ ($\alpha_{RB} < 4,5$ mrad)

100 m $< R_B < 200$ m ($\alpha_{RB} < 9,0$ mrad)

50 m $< R_B < 100$ m ($\alpha_{RB} > 9$ mrad)

30 m $< R_B < 50$ m ($\alpha_{RB} > 18$ mrad)

20 m $< R_B < 30$ m (**$\alpha_{RB} > 30$ mrad**)

$R_B < 20$ m ($\alpha_{RB} > 45$ mrad)

sehr große Radien

große Radien

mittlere Radien

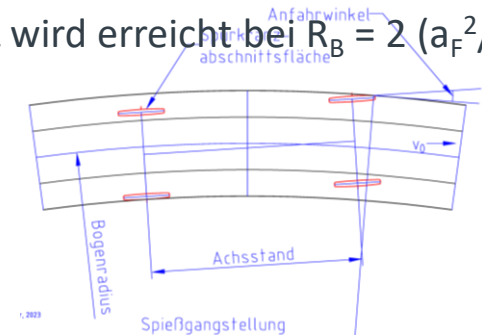
kleine Radien

enge Radien

Hüllkurve beginnt wirksam zu werden

sehr enge Radien

r-Maß verringert sich um 1mm (cos-Anteil)



Typische für Spurführung relevante Systemeigenschaften Funktionsflächen an Rad und Schiene

Typische für Spurführung relevante Systemeigenschaften

Funktionsflächen an Rad und Schiene

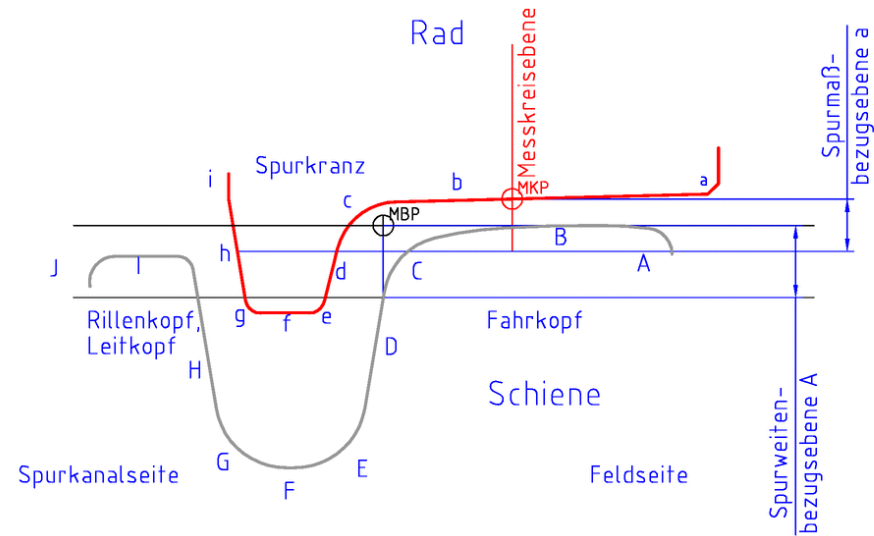
- Trennung der Funktionsflächen
 - Benennungen der Komponenten
 - Aufgaben der Komponenten

• Profilbereiche am Rad

- **Bezug: Radrücken, MKP, Ebene a**
- Spurkranz
- Spurkranzkehle
- Zentrale Fahrfläche
- äußere Fahrfläche

• Profilbereiche an der Schiene

- **Bezug: GFT, Ebene A**
- Fahrkopfscheitel
- Kopfeckabrundung (KEA)
- Fahrflanke
- Leitflanke
- Rillengrund
- Einbauneigung



Benennungen

Rad		Schiene	
MKP	Messkreisfußpunkt	MBP	Messbasis
a	Stirnfase	A	Feldseite
b	Fahrfläche	B	Fahrfläche
c	Spurkranzkehle	C	Kopfeckabrundung
d	Spurkranzstirnflanke	D	Fahrflanke
e	stirnseitige Kuppenabrundung	E	Rillenausrundung
f	Spurkranzkuppe	F	Rillengrund
g	rückenseitige Kuppenabrundung	G	Rillenausrundung
h	Rückenflanke	H	Rillenflanke, Leitflanke
i	Radrücken	I	Rillenkopf
		J	Spurkanalseite

Typische für Spurführung relevante Systemeigenschaften

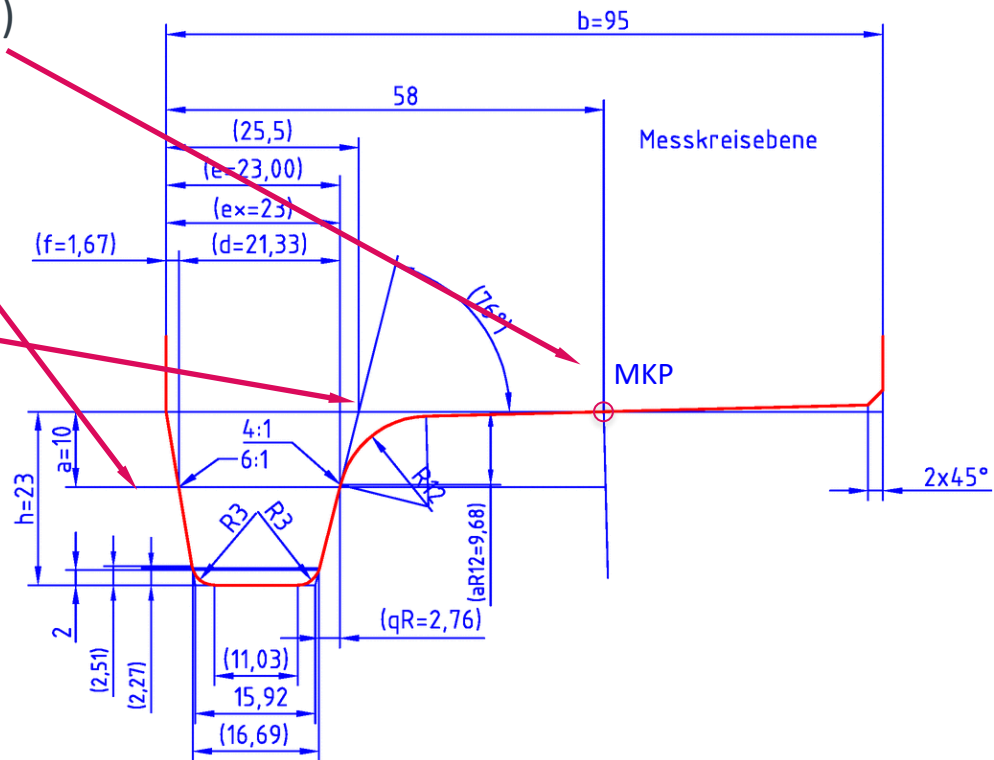
Radprofile – Profilbereiche

- Profilbereiche am Rad (Überblick)
 - Spurkranz
 - voneinander unabhängig zu erfüllende Funktionen
 - Gewährleistung **Entgleisungssicherheit bei Fahrt im Bogen**
 - Gewährleistung **der sicheren Befahrung der Zungenvorrichtung** (Vignolbereich)
 - Gewährleistung der Zwängungsfreiheit bei der **Befahrung Herzstückbereich** („Spuruntersuchung“, „Quermaßtabelle“)
 - Teilbereiche
 - Stirnflanke, Spurkranzkuppe
 - Rückenflanke, senkrechter Radrücken (nur bei überhöhtem Radlenker relevant)
 - Fahrfläche
 - Gewährleistung **Fahrsicherheit** und **Fahrkomfort (Stabilität)**, vornehmlich **Streckengleis**
 - Teilbereiche
 - Spurkranzkehle (Kompatibilität KEA, Herzstück)
 - **innere und zentrale Fahrfläche** (Fahrverhalten, Fahrstabilität)
 - äußere Fahrfläche (Hohllauf)

Typische für Spurführung relevante Systemeigenschaften

Radprofile – Abmessungen

- Messkreisfußpunkt MKP (MKF)
- Messkreisebene MKE
- Spurmaßbezugsebene a
- Rad(profil)breite¹⁾ b
- (Spurkranzwurzelbreite) d, d*
- Spurkranzdicke f
- Rückenflankenstichmaß e, e*
- Spurkranzbreite
- Spurkranzhöhe²⁾ h



¹⁾ Einfluss auf Befahrbarkeit Tiefrillenherzstück

- Auswirkung auf Hohllaufbildung

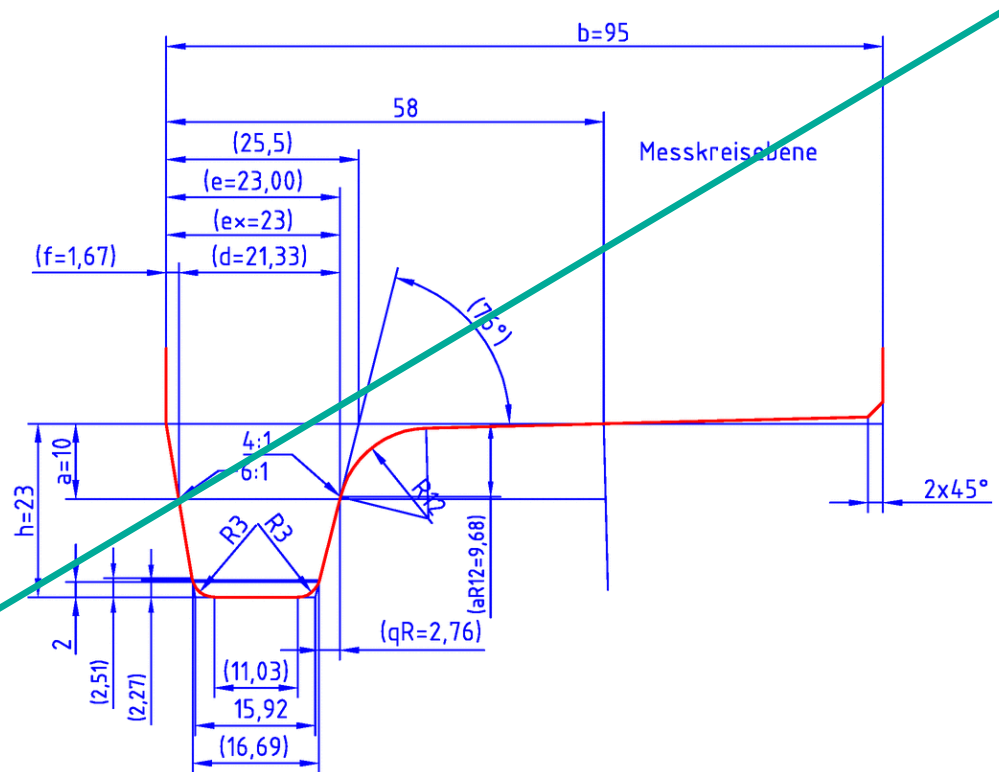
²⁾ Einfluss auf Entgleisungssicherheit

- im Gleisbogen (Sicherheitshöhe, Aufklettern)
- bei Befahrung der Zungenspitze (vertikale Überdeckung)

Typische für Spurführung relevante Systemeigenschaften

Radprofile – Abmessungen

- Stirnflankenquermaß q_R
- Stirnflankenneigung¹⁾ n_S
- Rückenflankenneigung²⁾ n_R
- Aufstandsbreite d_S
- Abrundungsradius
- Kehlradius
- Zentrale Fahrfläche³⁾
 - Fahrflächenradius oder –radienfolge
 - Fahrflächenneigung $1:n_F$
 - Hohlmaß h_L
- Breite der Radstirnfase j

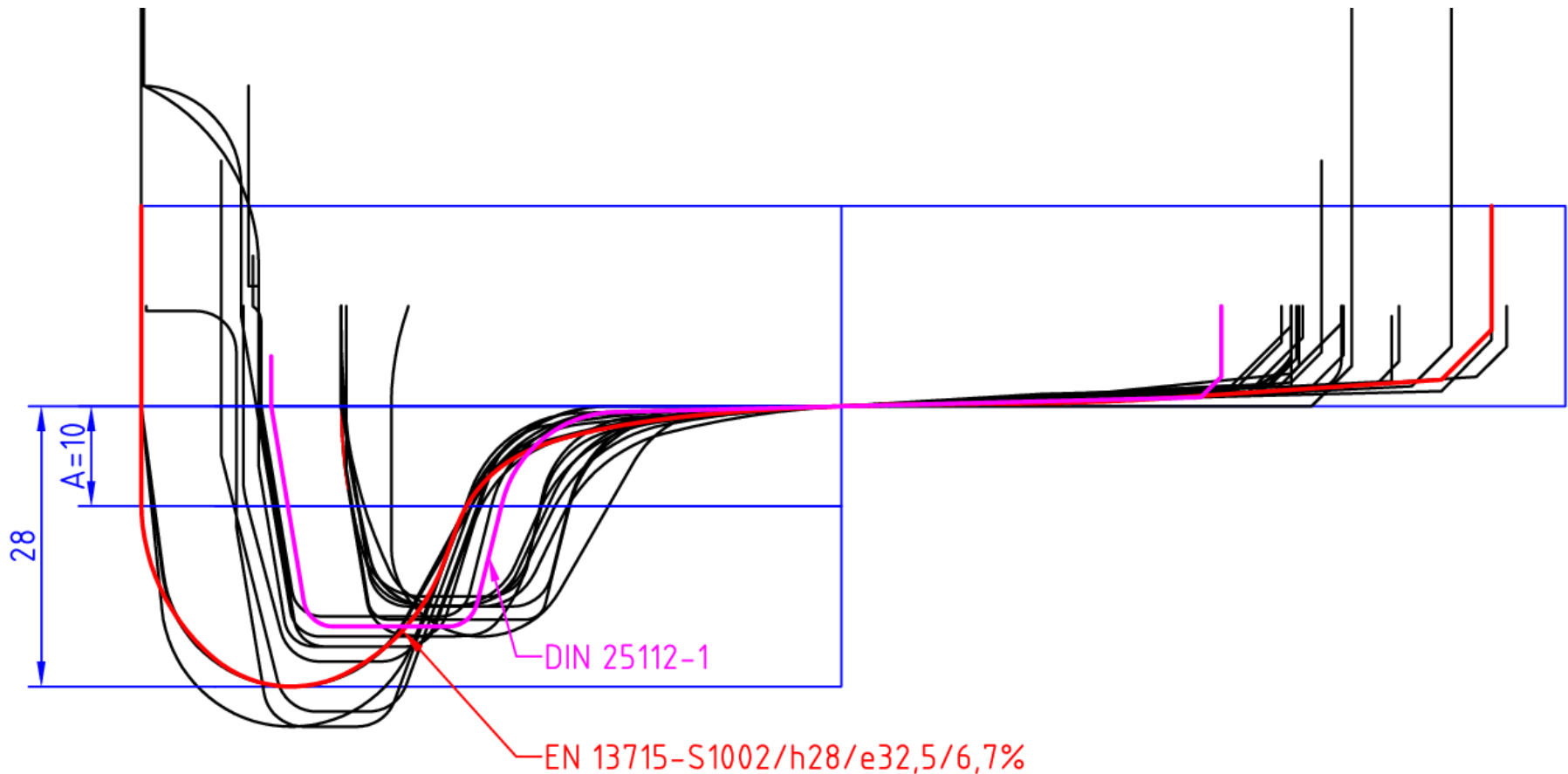


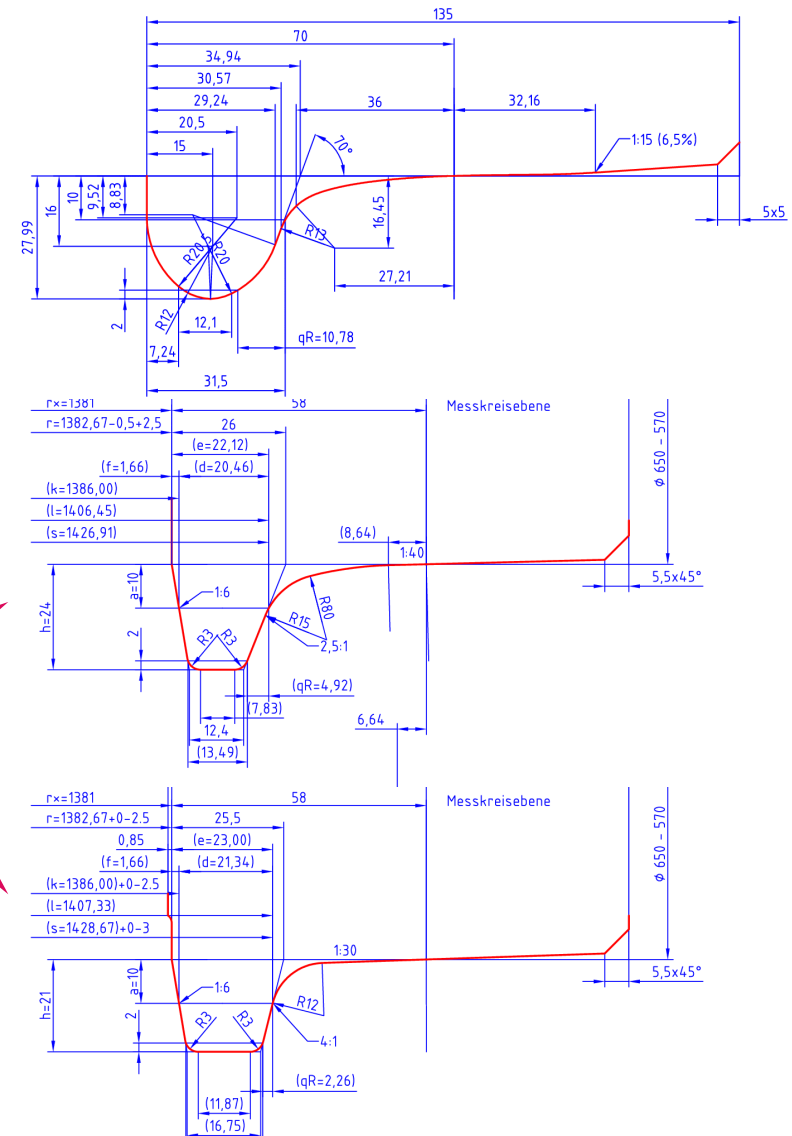
- ¹⁾ Einfluss auf Entgleisungssicherheit
 - im Gleisbogen (über Grenzwert nach Nadal)
 - bei Befahrung der Zungenspitze (q_R -Maß)
- ²⁾ Einfluss auf Entgleisungssicherheit
 - im Gleisbogen (über Grenzwert nach Nadal)
 - Einfluss auf Leitweite / Leitmaß bei FLK
- ³⁾ Einfluss auf Zentrierverhalten und Stabilitätsverhalten

Typische für Spurführung relevante Systemeigenschaften

Radprofile – Neuzustand

- **Neuzustand: Radprofile**
 - Vergleich Eisenbahn / Stadtbahn / Straßenbahn





Typische für Spurführung relevante Systemeigenschaften

Schienen – Abmessungen

- **Gemeinsame Fahrflächentangente GFT**

- Spurweitenbezugspunkt

- **Spurweitenbezugsebene A**

- Fahrkopfbreite

- Rillenweite W (allgemein)

- W_{H1} (am Herzstück, Rille 1)
- W_{H2} (am Herzstück, Rille 2)
- W_R (am Radlenker)

- Rillentiefe T

- Radienfolge in Fahrfläche

- Kopfeckabrundungsradius R_{KEA}

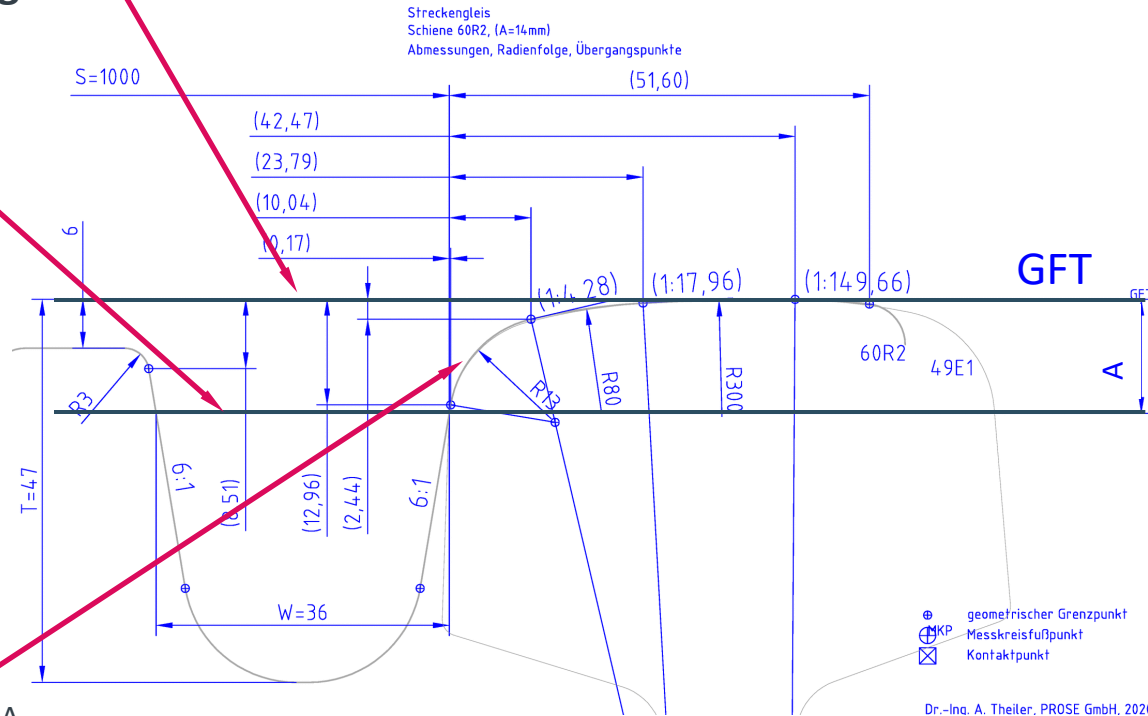
- Breite des Kopfeckabrundungsradius B_{RH} (für Berechnung Aufstandsweite)

- Fahrflankenneigung n_F

- Abrundungsradius Rillen-/Leitkopf R_L

- Leitflankenneigung n_L

- Absenkung Rillenkopf unter GFT bzw. Anhebung Rillenkopf über GFT



Typische für Spurführung relevante Systemeigenschaften

Schienen – Neuzustand

- Neuzustand Schienenprofile (Streckengleis, exemplarisch!)

- typisch für Eisenbahnen

- **Vignolprofile**

- Radienfolge Fahrfläche -> KEA

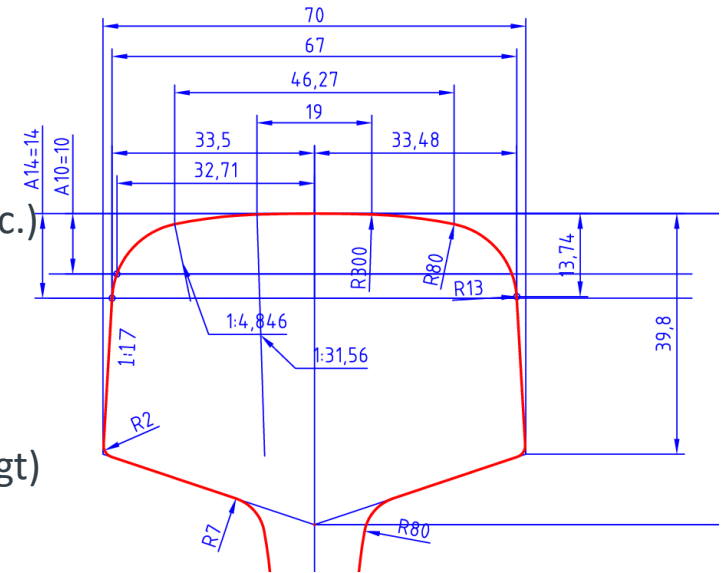
- **R300 – R80 – R13** (60E1, 49E1, 46E1, etc.)

- R200 – R70 – R16 – R8 (60E2)

- R115 – R16,5 – R15,5 – R7,64 (49E5)

- Einbauneigung:

- 1:40, 1:20 (im Weichenbereich ungeneigt)



- typisch für Stadt/Straßenbahnen

- Vignolprofile und **Rillenschienenprofile**

- Radienfolge Fahrfläche -> KEA

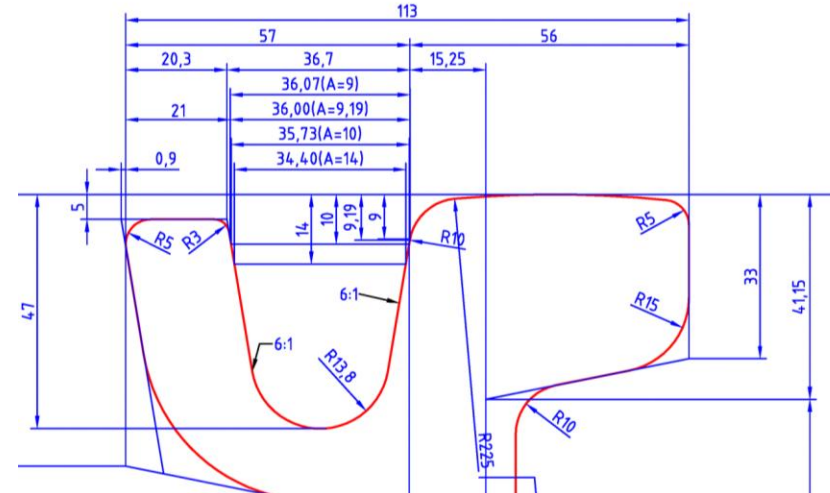
- R300 – R80 – R13 (49E1, 60R2)

- **R225 – R10** (60R1)

- Einbauneigung

- 1:00, 1:40, 1:20

- ungeneigt



Typische für Spurführung relevante Systemeigenschaften

Schienen – Neuzustand, Unterschied KEA R10, KEA R13

- Walzprofile, Rillenschienen

- DIN EN 14811: 60R1

- KEA: R10, Scheitel: R225, Flankensteigung 6:1

- W = 35,73 mm in A = 10 mm

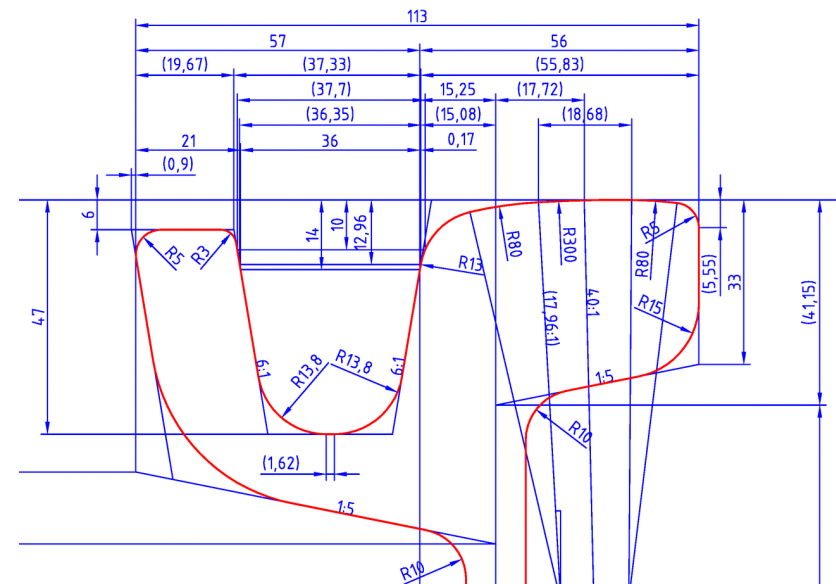
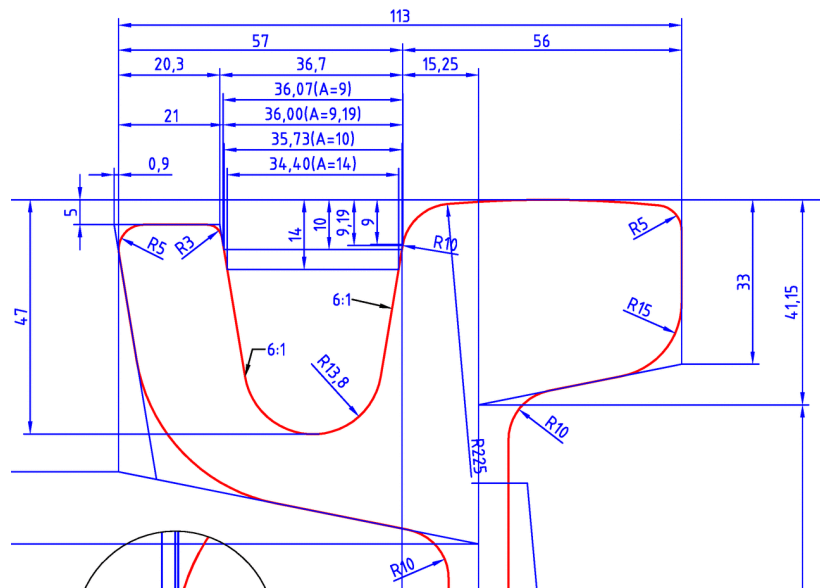
- W = 34,40 mm in A = 14 mm

- DIN EN 14811: 60R2

- KEA: R13, Übergang: R80, Scheitel: R300 (enthält Einbauneigung 1:40), Flanke: 6:1

- W = 37,70 mm in A = 10 mm

- W = 36,00 mm in A = 14 mm (!!!)

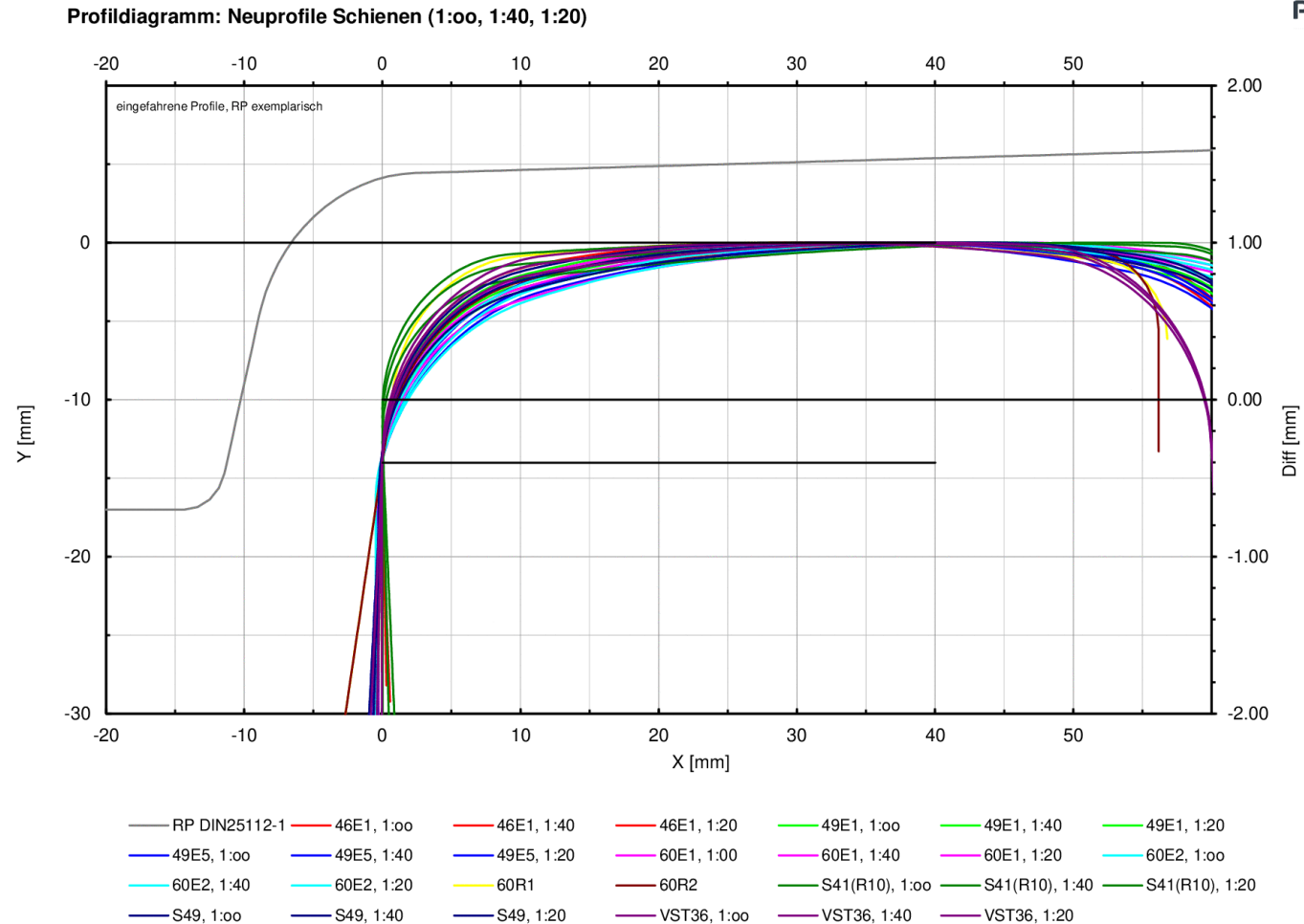


- [illegible]

Typische für Spurführung relevante Systemeigenschaften Schienen – Neuzustand

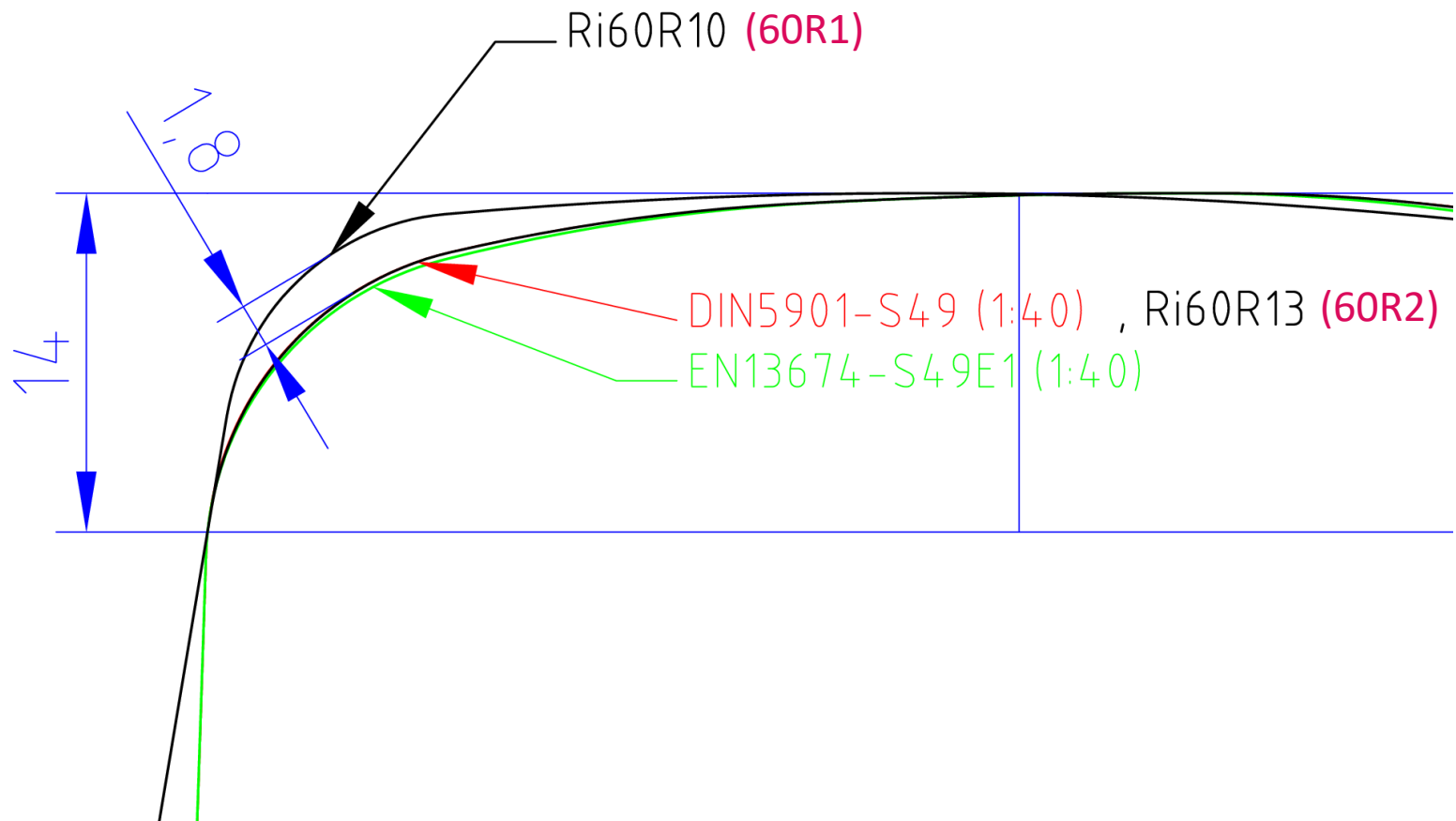
- **Neuzustand: Schienenprofile**

- Vergleich Eisenbahn / Stadtbahn / Straßenbahn (Einbauneigungen 1:00, 1:40, 1:20)



Typische für Spurführung relevante Systemeigenschaften Schienen – Neuzustand, Unterschied KEA R10, KEA R13

- Unterschiede in den Schienenprofilen
 - Vergleich der Profilformen 59/60R1 vs. 59/60R2 (resp. 49E1 (1:40))



Spurführung – Benennungen, Definitionen Bezugsebenen, Bezugspunkte

Spurführung – Benennungen, Definitionen

Systematik nach TR Sp

- **spurführungstechnische Benennungen nach TR Spurführung**
Grundsatz:
 - Gleise: „Weiten“, **Großbuchstaben**
 - Räder: „Maße“, „Breiten“, „Dicken“, **Kleinbuchstaben**
- Hinweis zu Begriffen „Flanken“ / „Kanten“
 - An „Flanken“ wird gefahren,
 - an „Kanten“ wird gemessen!
- **ACHTUNG:**
 - Andere Regelwerke definieren andere Symbole und verfolgen andere Konventionen (TR Sp: „...“, AB-EBV: „...“, EN-Normen: z.T. ohne erkennbare Systematik)
- **Hinweis:**
 - 26 Buchstaben des Alphabetes verhindern eine übergreifende Festlegung von Symbolen.
 - Globale Festlegungen sind aussichtslos!
 - Daher Definition für jeden Anwendungsfall unter Beachtung bestimmter Leitlinien treffen
 - Dabei Konsistenz bewahren!

- Technisches Spurspiel: $S - s, k - K, W - d$
 Reales, kontaktgeometrisches Spurspiel: $S_{GGE} - s_{GGE}, k_{GGE} - K_{GGE}, W_{GGE} - d_{GGE}$



Spurführung – Benennungen, Definitionen Bezugsebenen, Bezugspunkte

- Gleisquerschnitt, Schienenprofil

- Bezug:

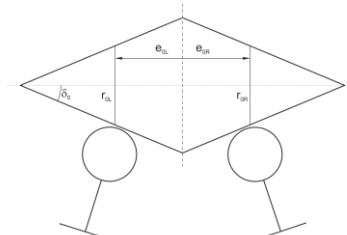
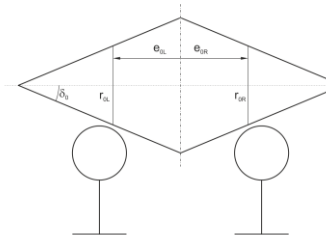
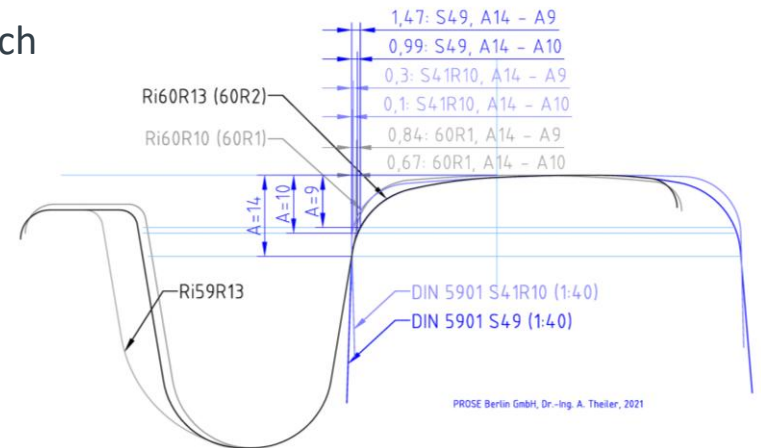
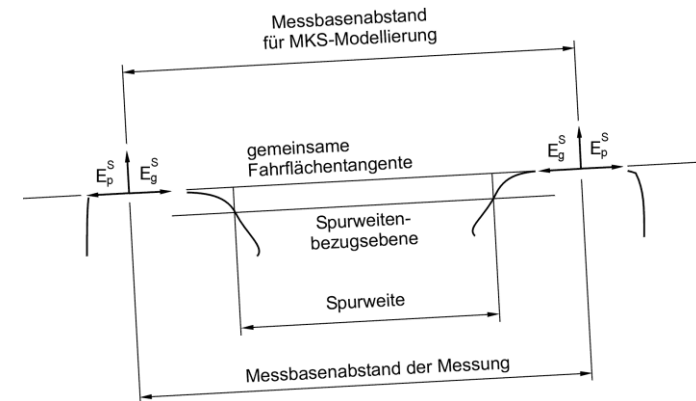
- Gemeinsame Fahrflächentangente (GFT)
 - Ebene A
 - Wert abhängig vom Betreiber
 - verschiedene Werte zwischen Streckengleis sowie Weichen- und Kreuzungsanlagen möglich

- Spurweite S

- bei Überhöhungsmessungen Bezugsweite beachten

- Einbauneigung $\delta_{s,0}$

- **nur für Einbau relevant**
 - im eingefahrenen Zustand ist die Einbauneigung irrelevant! (Bezug bleibt stets GFT)

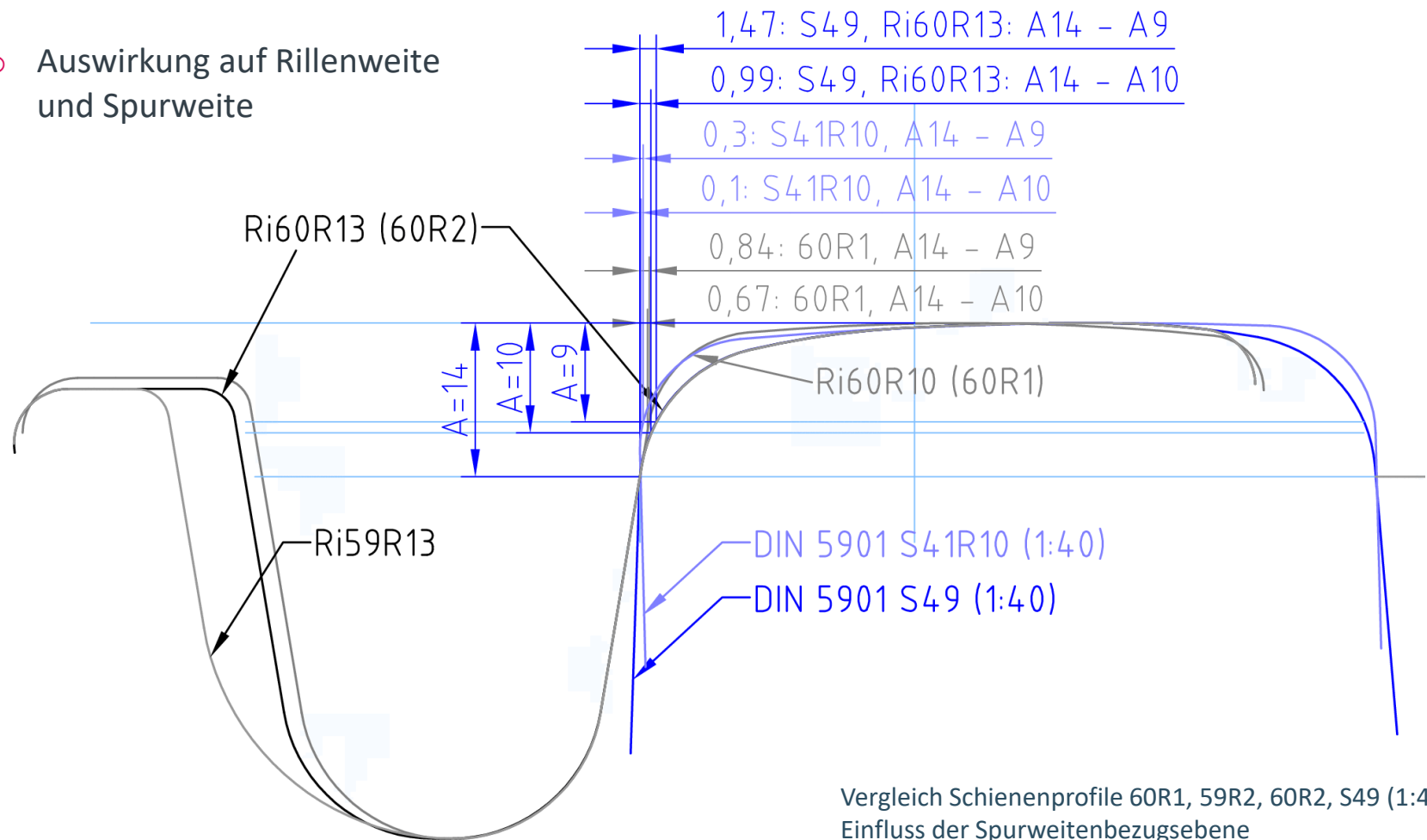


Spurführung – Benennungen, Definitionen

Bezugsebenen, Bezugspunkte

- Gleisnetz - Spurführung
 - Vergleich der Profilformen und **Bezugsebenen**

- Auswirkung auf Rillenweite und Spurweite



Spurführung – Benennungen, Definitionen Spurspiel

- Quermaße: Gemeinsame Geometrie-Ebenen GGE

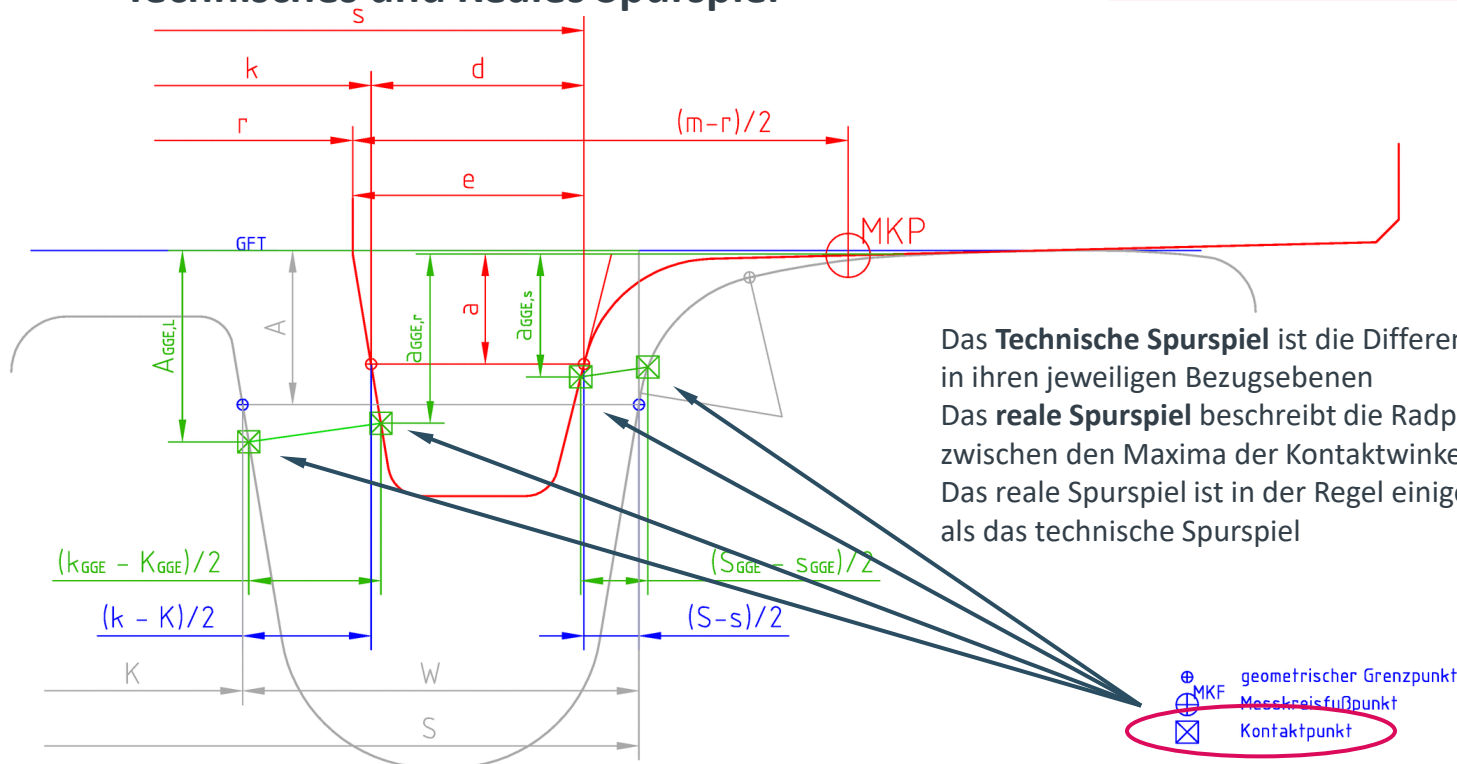
- stirnseitig
- rückenseitig

technisches und reales Spurspiel
Rillenschienengleis (Streckengleis)
halbes (technische) Nennspurspiel: $(S - s)/2$
halbes reales Spurspiel $(S_{GGE} - s_{GGE})/2$

ACHTUNG:

Es gibt nicht nur eine einzige GGE
sondern jeder Kontaktpunkt
bildet eine individuelle GGE
zwischen Rad- und Schienenprofil

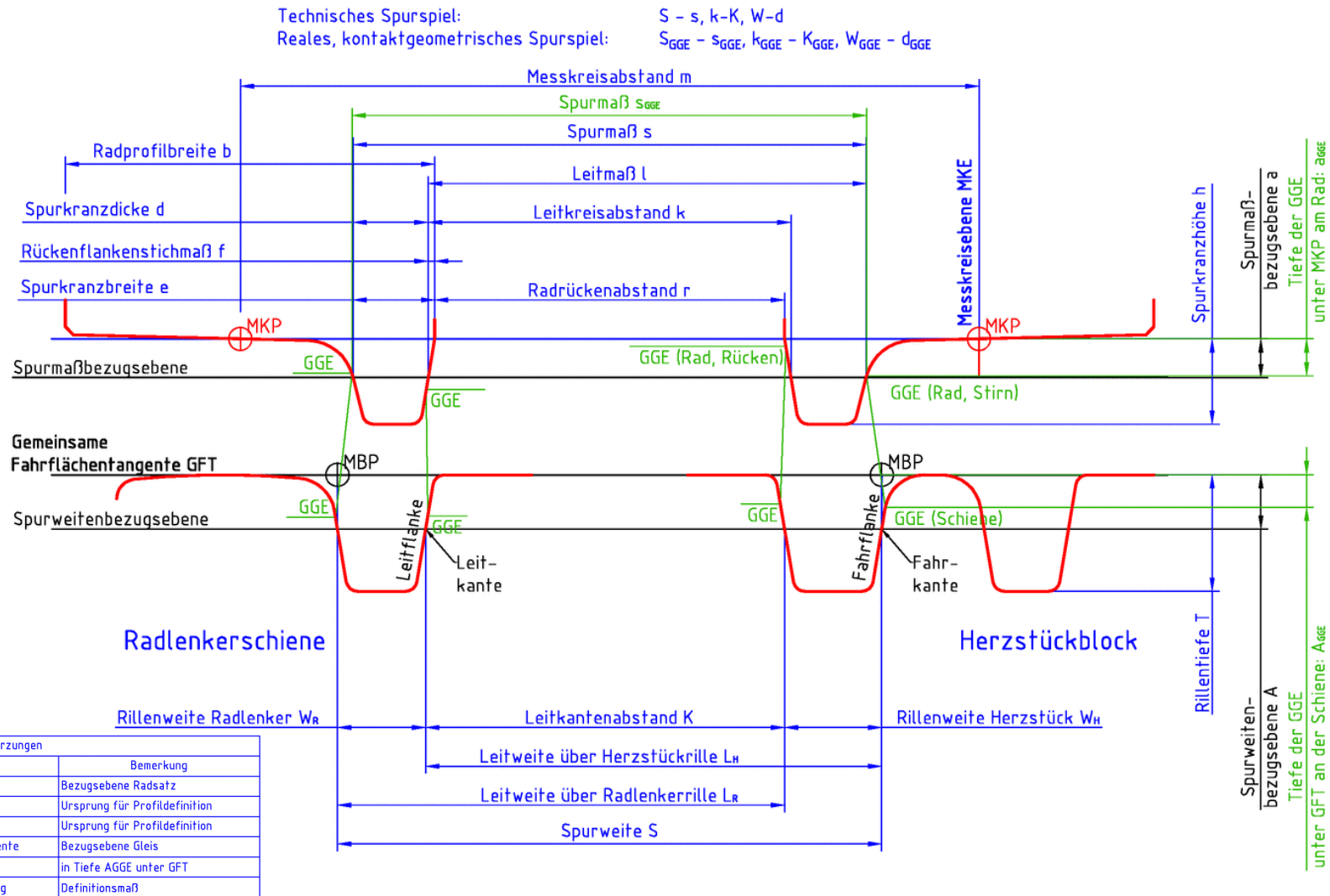
- Technisches und Reales Spurspiel



Dr. Ing. A. Theiler, 2023

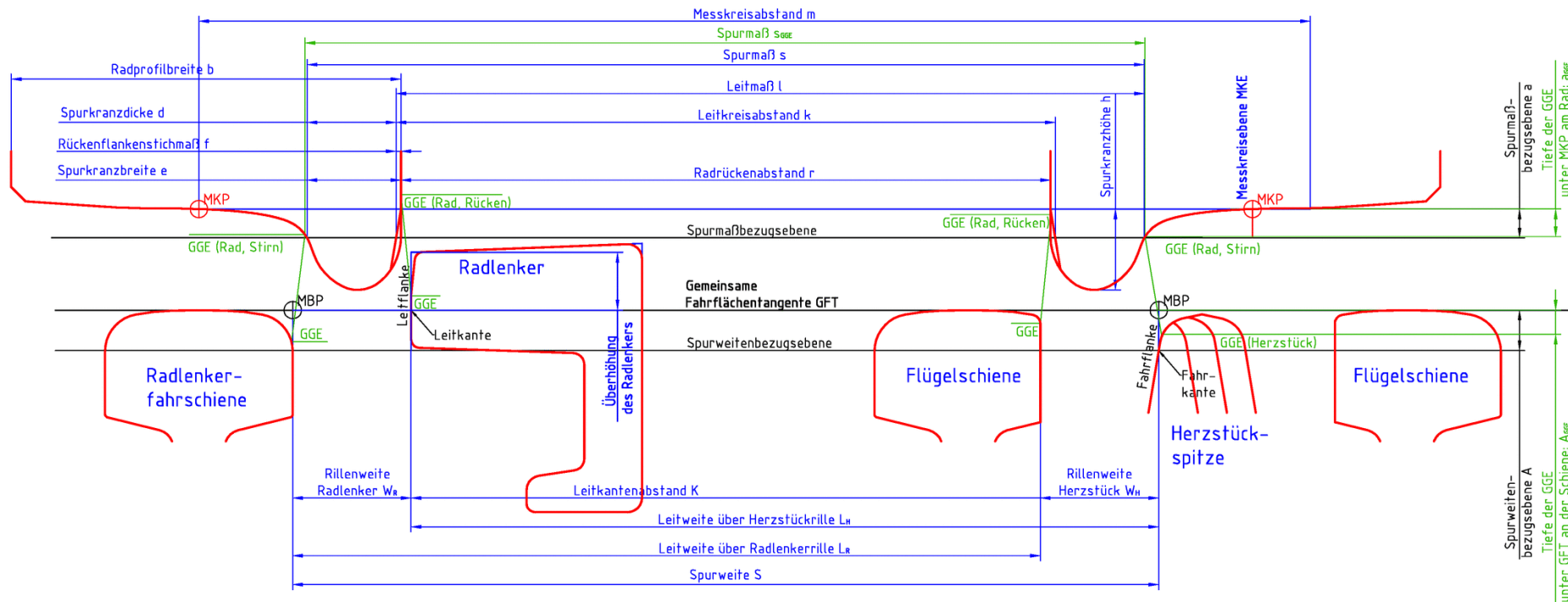
Spurführung – Benennungen, Definitionen Abmessungen und Quermaße

- Quermaße im Weichenbereich (Rillenschienengleis, Herzstückbereich)



PROSE

- Technisches Spurspiel: $S - s, k - K, W - d$
 Reales, kontaktgeometrisches Spurspiel: $S_{GGE} - s_{GGE}, k_{GGE} - K_{GGE}, W_{GGE} - d_{GGE}$



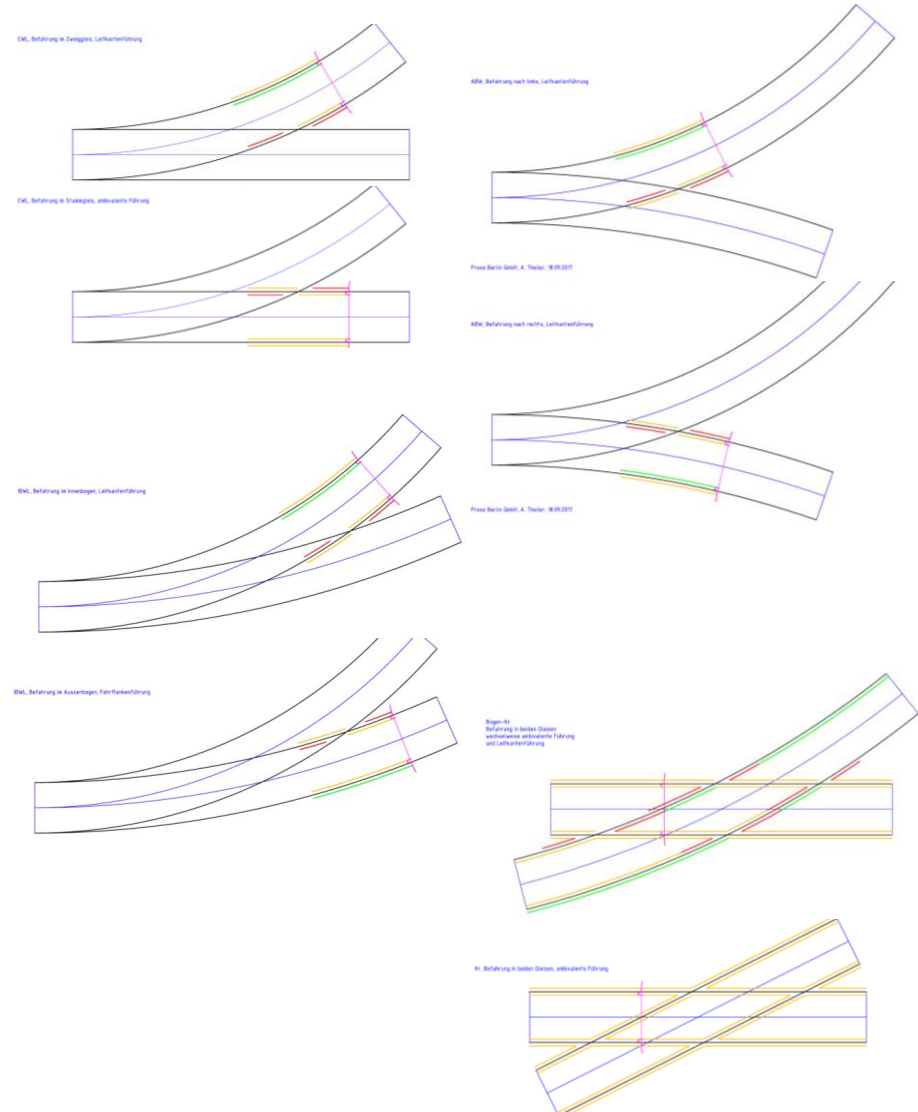
Abkürzungen			
Nr.	Symbol	Benennung	Bemerkung
1	MKE	Messkreisebene	Bezugsebene Radsatz
2	MKP	Messkreisfußpunkt	Ursprung für Profildefinition
3	MBP	Messbasenpunkt(Schienenprofil)	Ursprung für Profildefinition
4	GFT	Gemeinsame Fahrflächen-Tangente	Bezugsebene Gleis
5	GGE	Gemeinsame Geometrie-Ebene	in Tiefe AGGE unter GFT
6	QBP	Querbasenpunkt für Überhöhung	Definitionsmaß

Spurführung – Benennungen, Definitionen

Weichen- und Kreuzungsanlagen

• Bauformen

- Einfache Weiche (EW)
 - gerades Gleis
 - gebogenes Zweiggleis
- Außenbogenweiche (ABW)
- Innenbogenweiche (IBW)
 - Innenstrang IBW (IBW-IB)
 - Außenstrang IBW (IBW-AB)
- Bogenkreuzung (BKr)
- Gerade Kreuzung (Kr)
- Ausführung jeweils als
 - Tiefrillenkonstruktion (TR)
 - Flachrillenkonstruktion (FR)



Spurführung – Benennungen, Definitionen

Weichen- und Kreuzungsanlagen

- **Bezeichnungen** an der Weiche, Bauteile an der Weiche (siehe auch VDV 600)

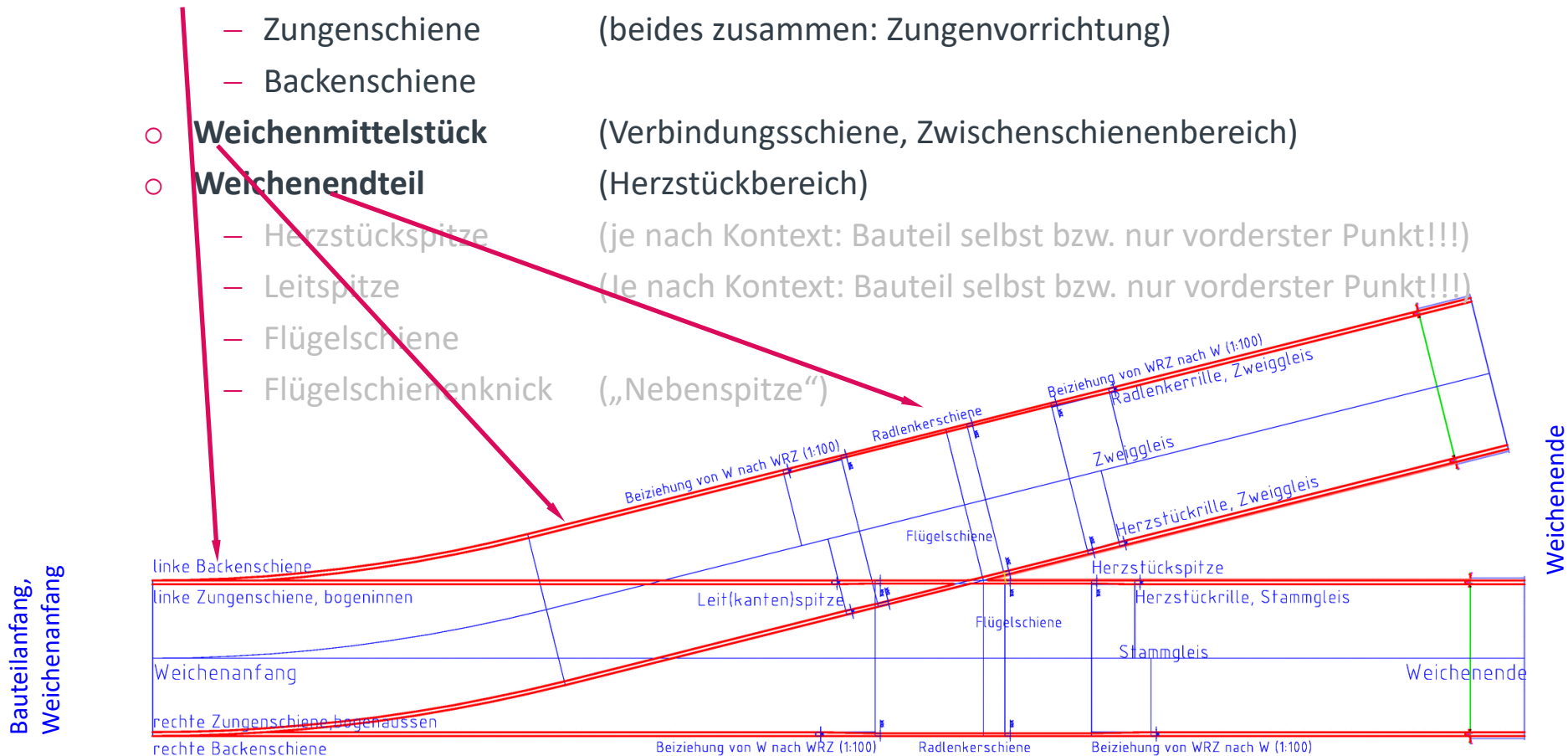
- **Weichenanfang, Zungenvorrichtung**

- Zungenschiene (beides zusammen: Zungenvorrichtung)
- Backenschiene

- **Weichenmittelstück** (Verbindungsschiene, Zwischenschienenbereich)

- **Weichenendteil** (Herzstückbereich)

- Herzstückspitze (je nach Kontext: Bauteil selbst bzw. nur vorderster Punkt!!!)
- Leitspitze (je nach Kontext: Bauteil selbst bzw. nur vorderster Punkt!!!)
- Flügelschiene
- Flügelschienenknick („Nebenspitze“)

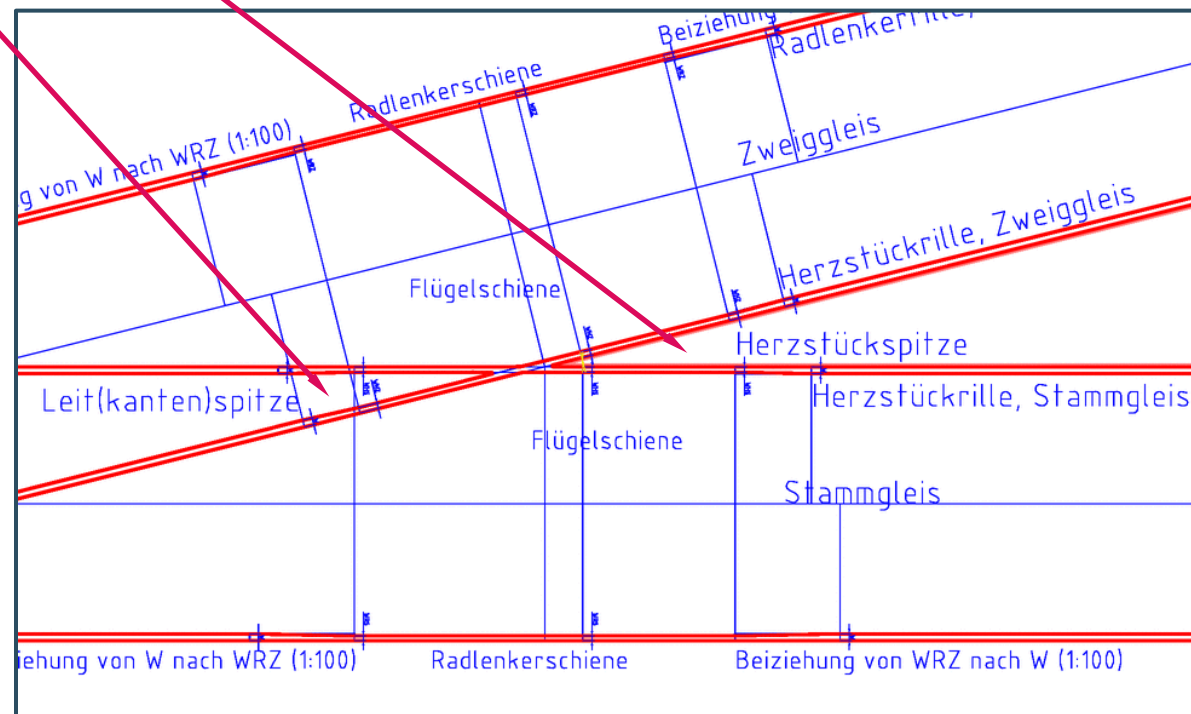


dargestellt sind Fahr- und Leitkanten!

Spurführung – Benennungen, Definitionen

Weichen- und Kreuzungsanlagen

- **Bezeichnungen** an der Weiche, Funktionselemente der „Einfachen Weiche“
 - Weichenendteil (Herzstückbereich)
 - Herzstückspitze (Bauteil selbst bzw. nur vorderster Punkt!!!)
 - Leitspitze
 - Flügelschiene
 - Flügelschienenknick („Nebenspitze“)



dargestellt sind Fahr- und Leitkanten!

Spurführung – Benennungen, Definitionen

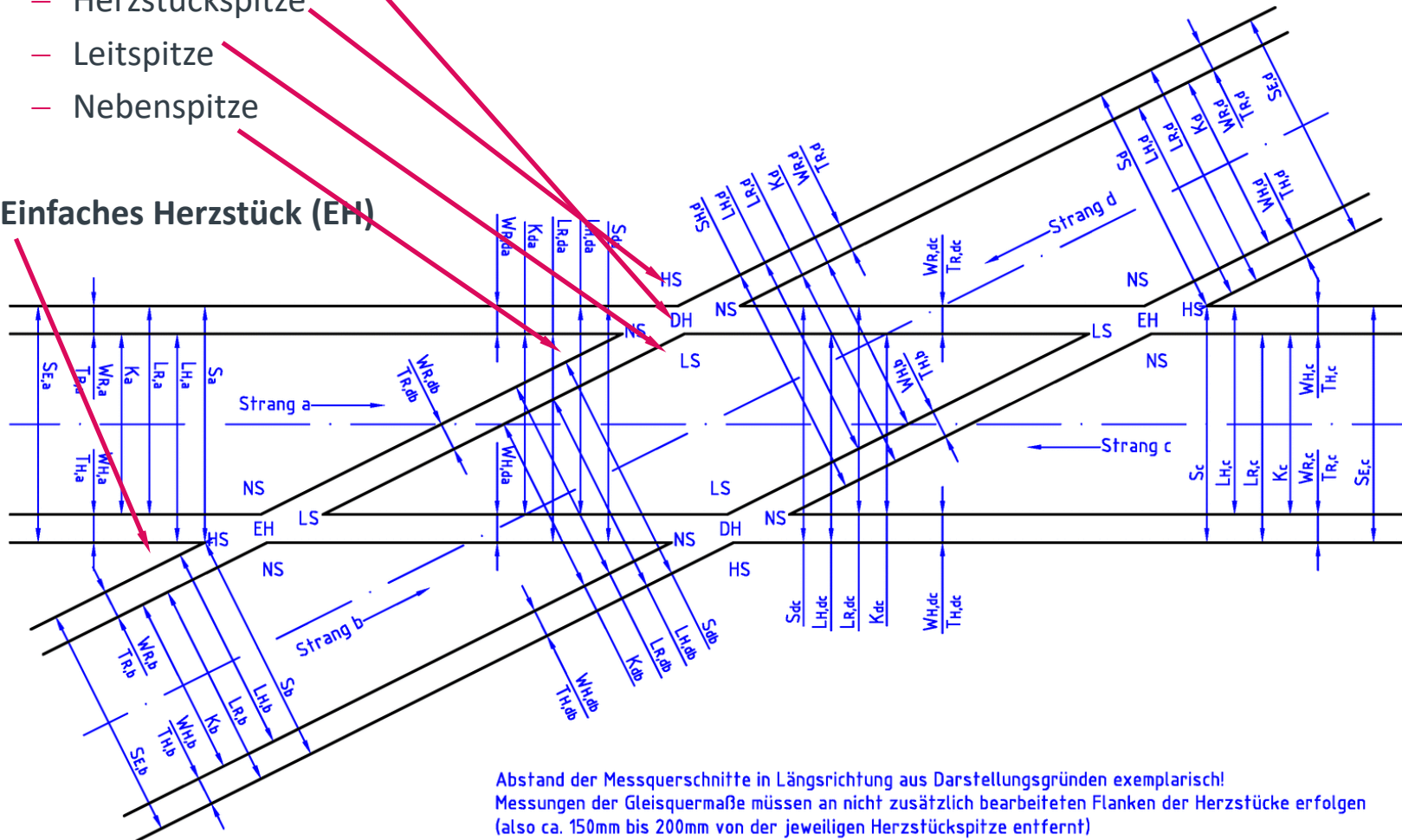
Weichen- und Kreuzungsanlagen

- **Bezeichnungen an der Kreuzung** (siehe auch TR Sp)

- **Doppelherzstück (DH)**

- Herzstückspitze
- Leitspitze
- Nebenspitze

- **Einfaches Herzstück (EH)**



Abstand der Messquerschnitte in Längsrichtung aus Darstellungsgründen exemplarisch!
Messungen der Gleisquersmaße müssen an nicht zusätzlich bearbeiteten Flanken der Herzstücke erfolgen
(also ca. 150mm bis 200mm von der jeweiligen Herzstückspitze entfernt)

- Befahrung der Zungenvorrichtung (Bereich der Zungenspitze)
 - Vignolanlagen
 - Rillenschienenanlagen
- Befahrung Weichenmittelteil
- Kompatibilität am Herzstück
 - Führungsarten, Anforderungen
 - Quermaße in Anlagen
 - Befahrung Flachrillenanlagen / Tiefrillenanlagen
- Befahrung von Doppelherzstücken, („Führungslose Strecke“)
- Festlegung von Herstellmaßen (Nominalwerten), Eingriffsschwellen, Grenzwerten
- Verfahren
 - weitgehend kinematische/geometrische Nachweisführung

Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Zungenvorrichtung

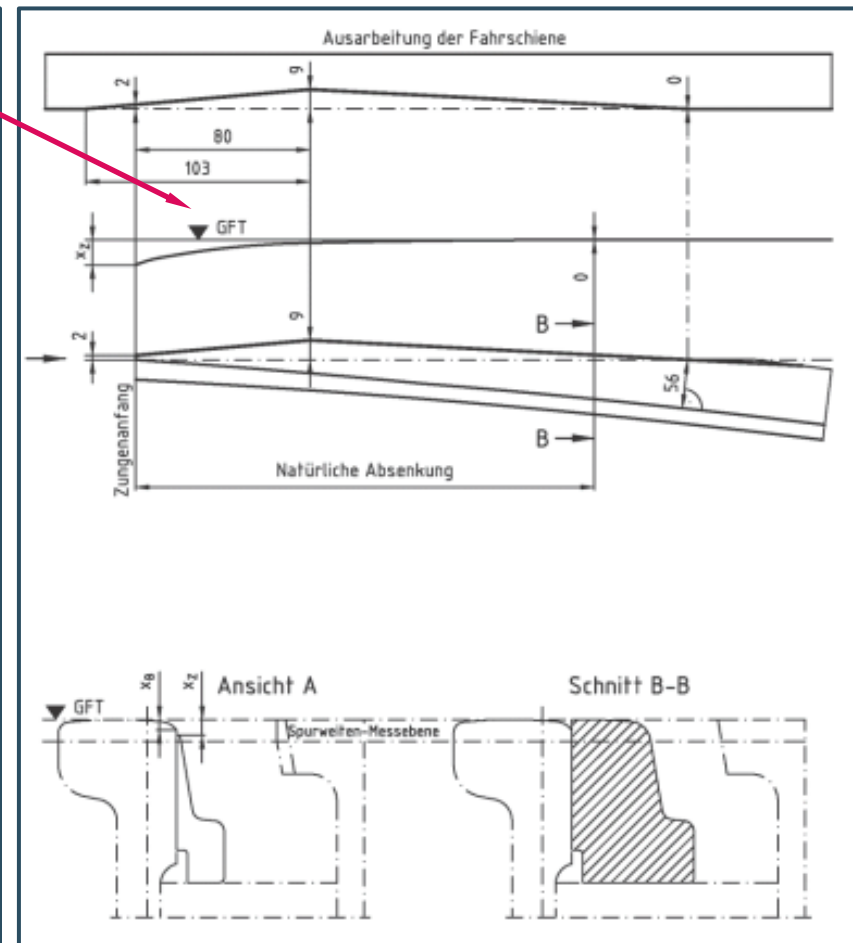
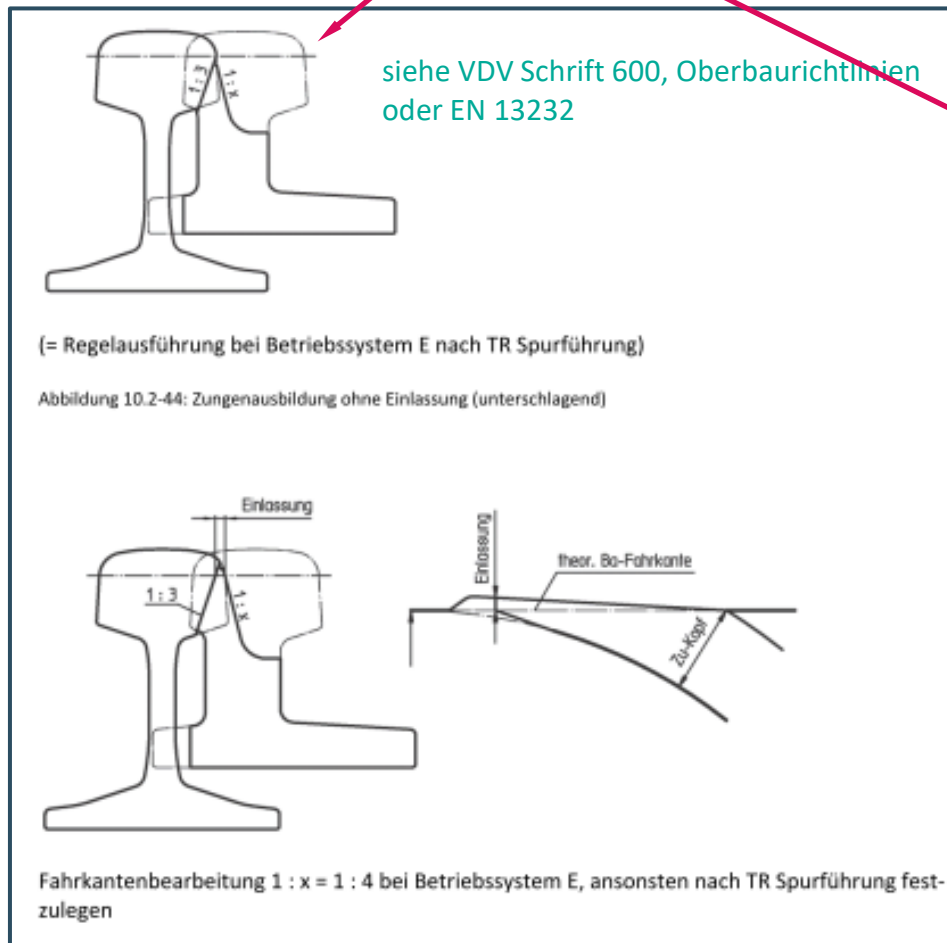
- Zungenvorrichtungen
 - Vignolzungen (unterschlagend)
 - Rillenschienenzungen (eingelassen)



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Zungenvorrichtung – Bauformen

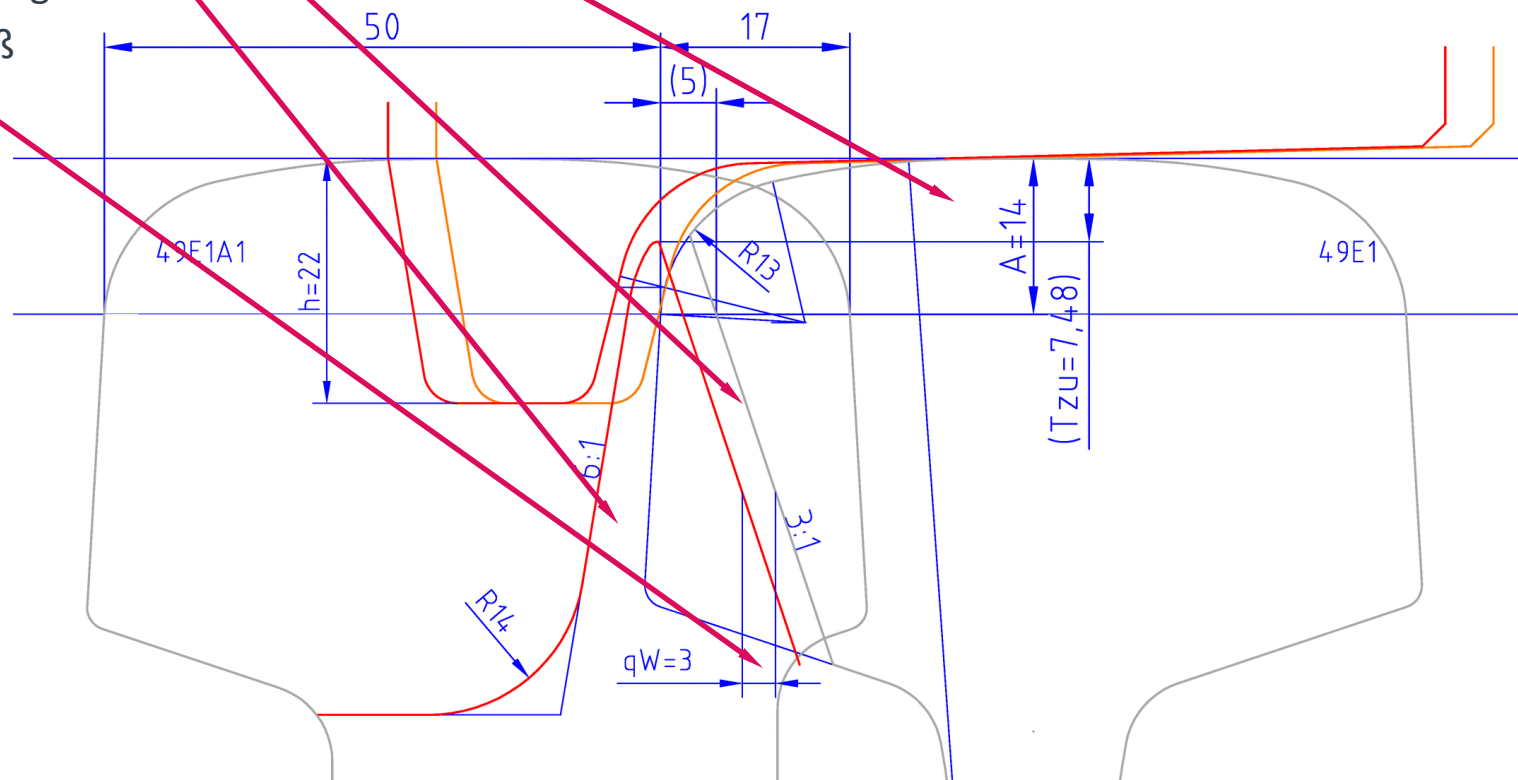
- Vignolschienen: unterschlagende Zungenvorrichtung mit abgesenkter Weichenzunge
- Rillenschienen: eingelassene Zungenvorrichtung



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Zungenvorrichtung

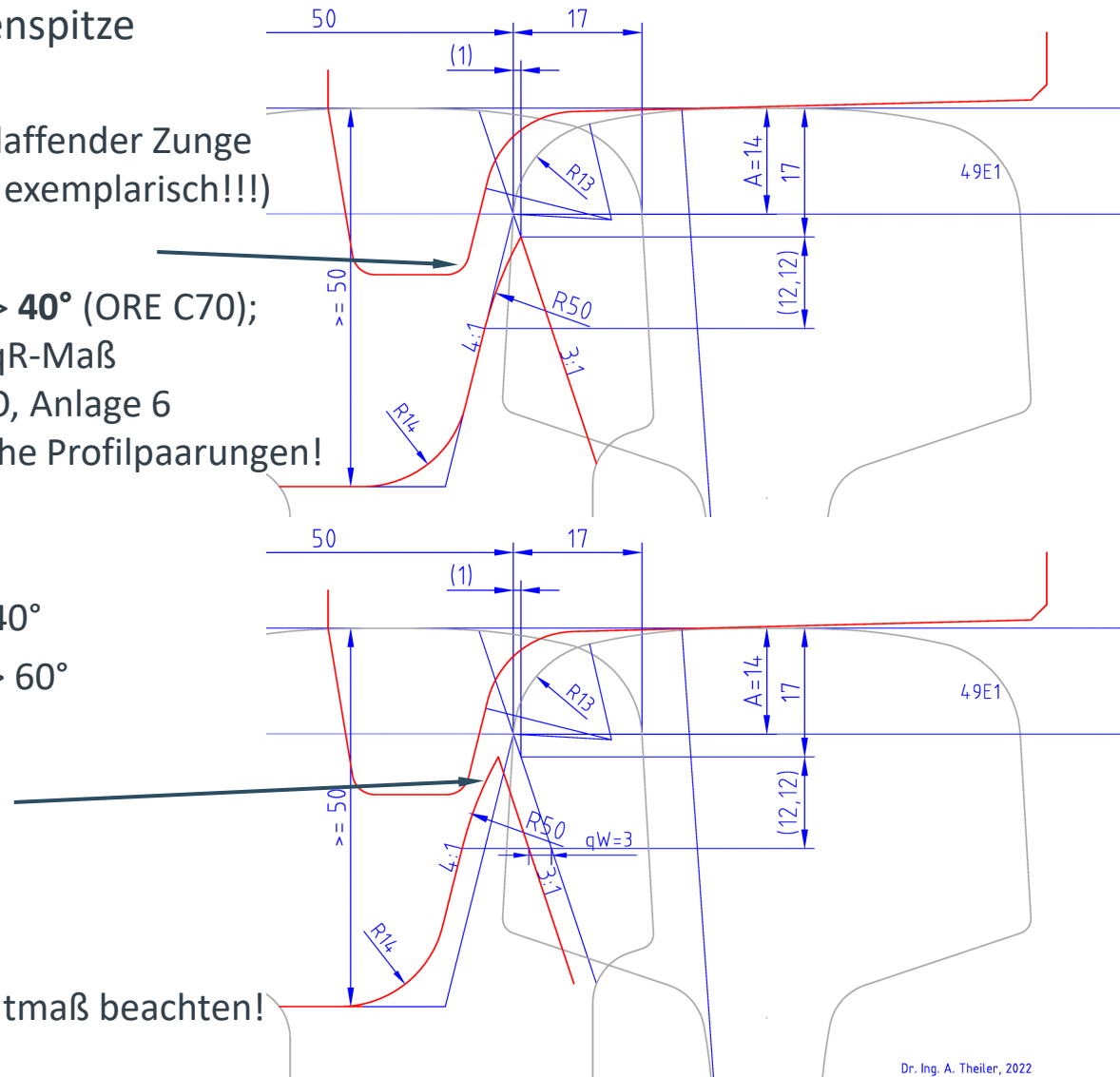
- Vignolanlage: Unterschlagende Zungenvorrichtung
 - Backenschiene (Profil der Regelschiene)
 - Anschlagfläche
 - Zungenschiene (z.B: aus Profil 49E1A1, UIC60B, ...)
 - Zungenprofil
 - Absenkung
 - Klaffmaß



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Zungenvorrichtung

- Befahrung Bereich der Zungenspitze (Vignol, unterschlagende ZV)
 - Risiko des Aufsteigens bei klaffender Zunge (Form der Zungenhobelung exemplarisch!!!)
 - **Mindest-Kontaktwinkel:** $\gamma > 40^\circ$ (ORE C70); praktische Überführung in qR-Maß
Mindestwert q_{Rmin} nach EBO, Anlage 6 gilt nur für eisenbahnähnliche Profilpaarungen!
 - Forderung:
 - erster Kontakt mit $\gamma > 40^\circ$
 - im weiteren Verlauf $\gamma > 60^\circ$
 - aus TR Sp:
 - $T_{Zu} < h_{min} - 2 \text{ mm}$
 - Unterschied Klaffmaß / Spaltmaß beachten!



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

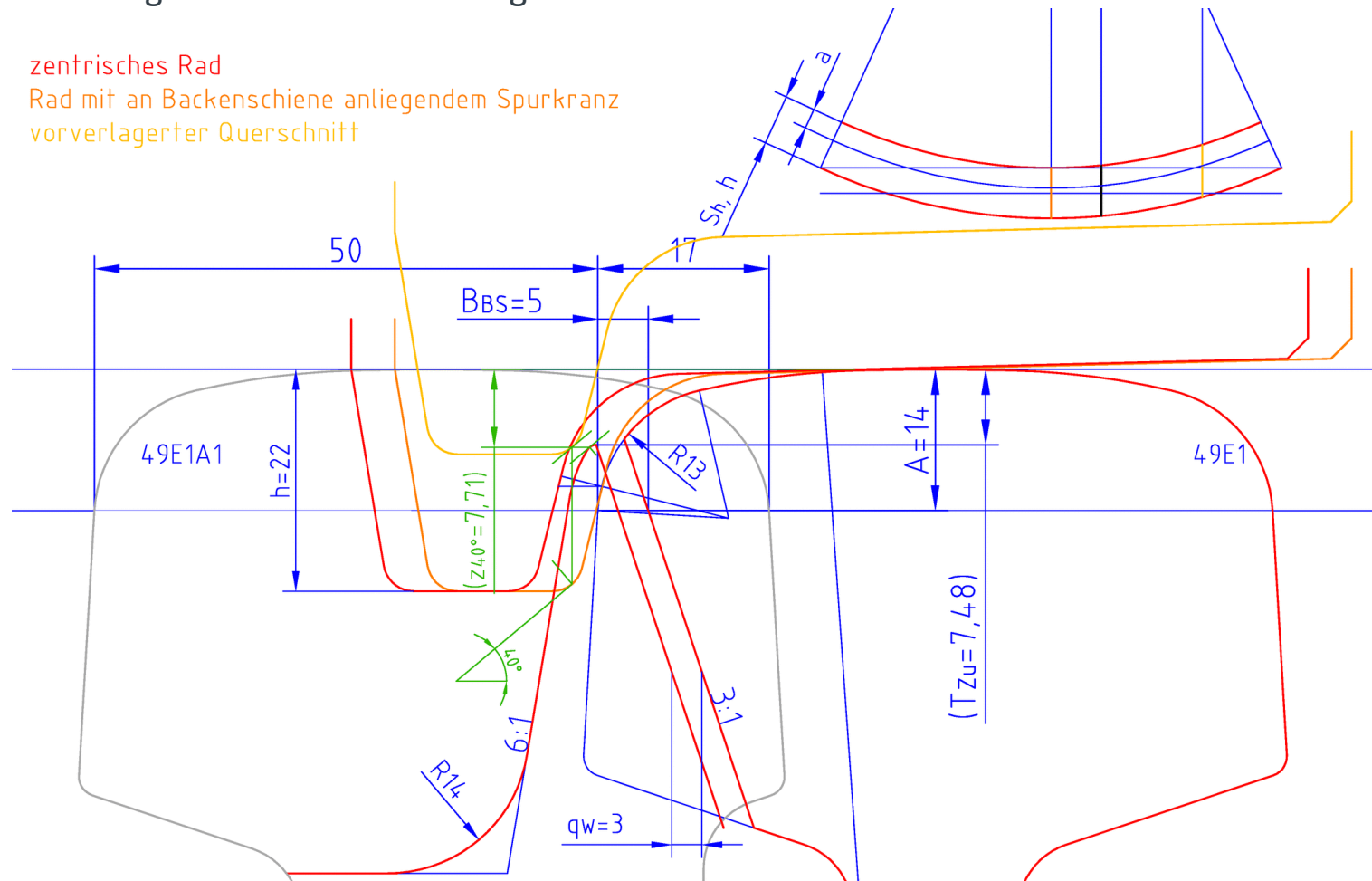
Zungenvorrichtung

- Befahrung Bereich der Zungenspitze (Vignol, unterschlagende ZV)
 - Risiko des Aufsteigens bei klaffender Zunge

zentrisches Rad

Rad mit an Backenschiene anliegendem Spurkranz

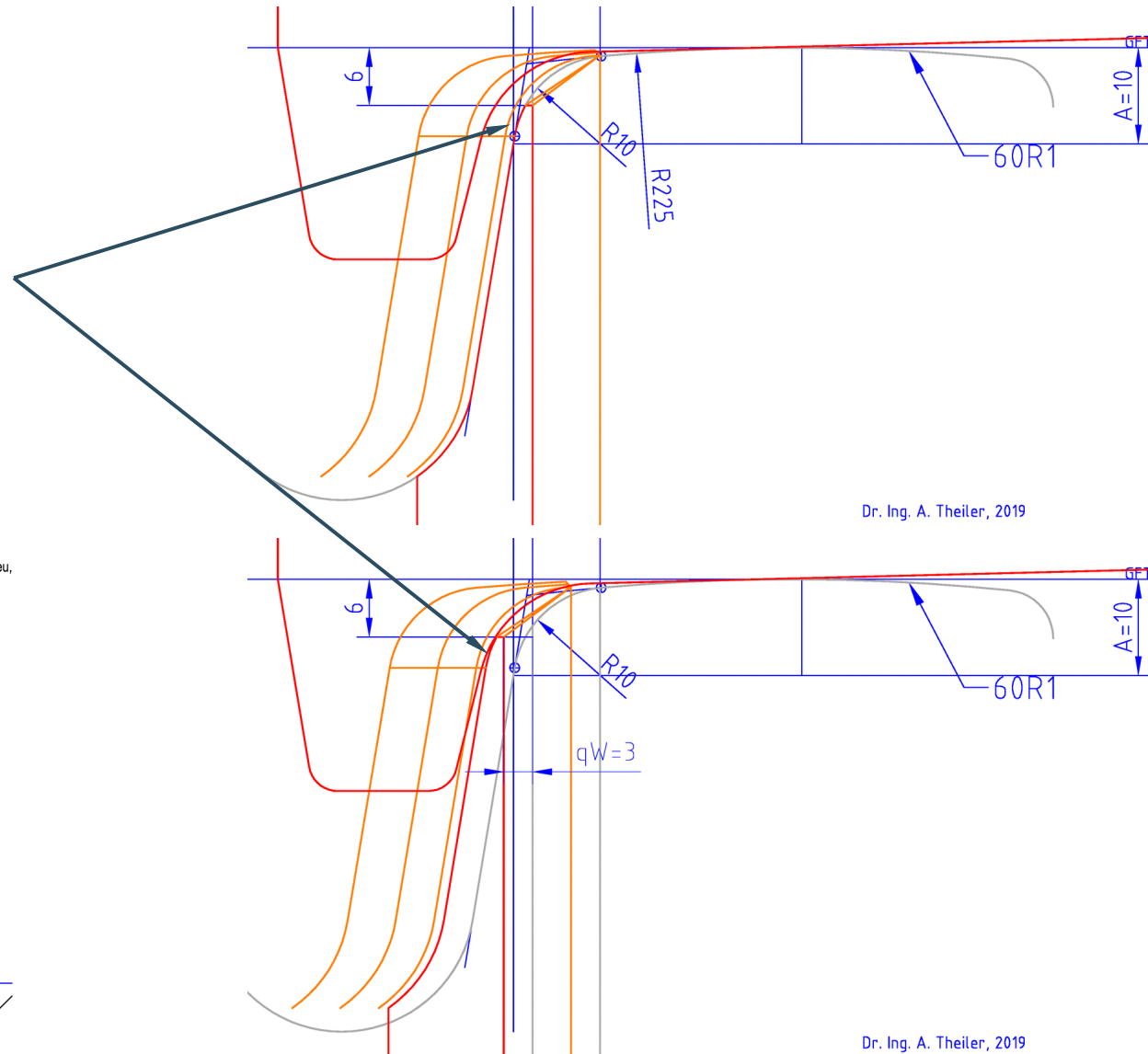
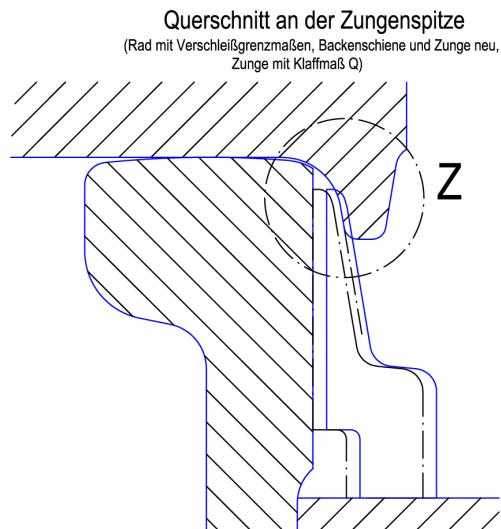
vorverlagerter Querschnitt



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Zungenvorrichtung

- Rillenschienenzunge
 - eingelassene Bauform, **Zungenschutz**
 - Kontakt erfolgt eher in mit Spurkranzkehle



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Zungenvorrichtung / Weichenmittelteil

- Entgleisung nach Anfahrung an Füllkeil durch Führung mit Rückenflanke bei ungenügend gestützter abliegender Zunge



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

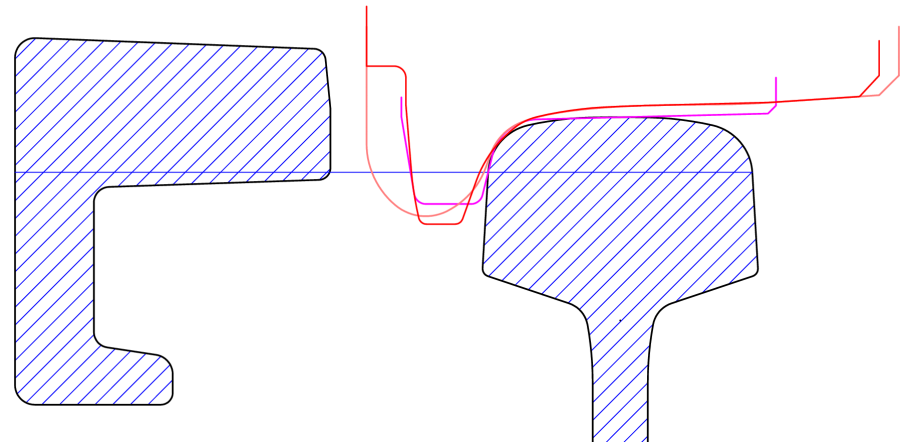
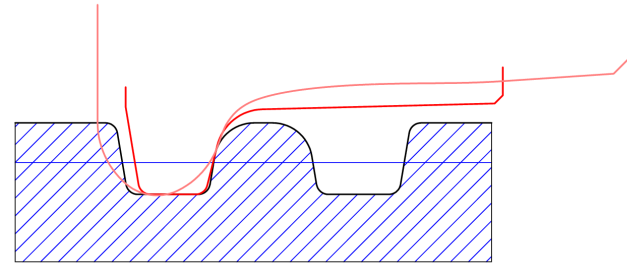
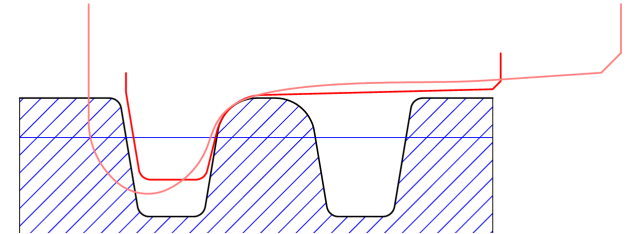
Weichenendteil – Herzstückbereich



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Weichenendteil – Herzstückbereich

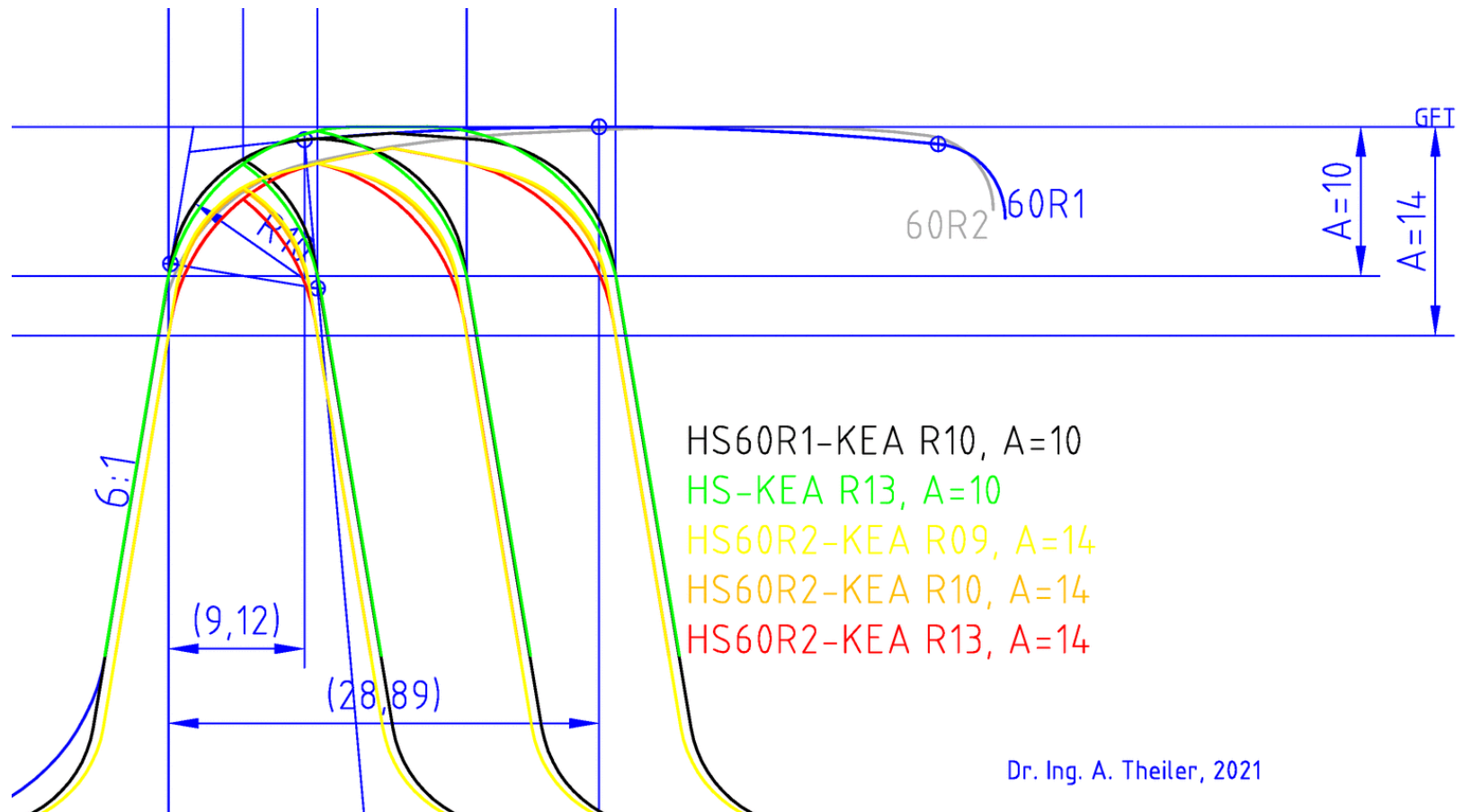
- Kompatibilität an Herzstückspitze, Radlenker und Weichenzunge (Quermaße)
 - Unterschied Straßenbahn / Eisenbahn beachten
 - Strab:
 - Herzstückspitze kann seitlich angefahren werden
 - Eisenbahn:
 - Herzstückspitze darf nicht angefahren werden
 - kennt keine Flachrillenanlagen (Ausnahmen im Güterverkehr)
 - Führungsarten
 - Flachrille/Tiefrille
- Ziel:
 - Bestimmung der Quermaße für
 - Neubau
 - Eingriffsschwellen für die Instandhaltung
 - Betriebsgrenzmaße



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Herzstückbereich – Tiefrillenherzstück

- Gleisnetz - Spurführung - Neuzustand - Herzstückbereich (Weichenendteil)
 - Herzstückprofil: 60R1, 60R2, KEA R09, KEA R10, KEA R13 horizontal

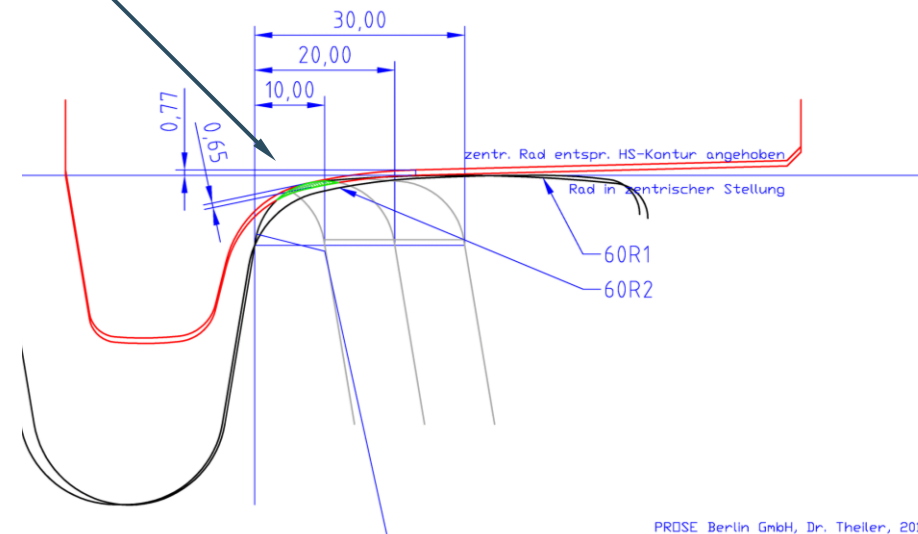


Dr. Ing. A. Theiler, 2021

Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Herzstückbereich – Befahrbarkeit von Tiefrillenanlagen

- Kompatibilität an der Herzstückspitze
 - **Kompatibilität Radprofil/Absenkung der Herzstückspitze**
 - Kopfeckabrundung muss mit Absenkung Radprofil abgestimmt sein
 - Sonst erfolgt zu frühes Auftreffen auf Herzstückspitze

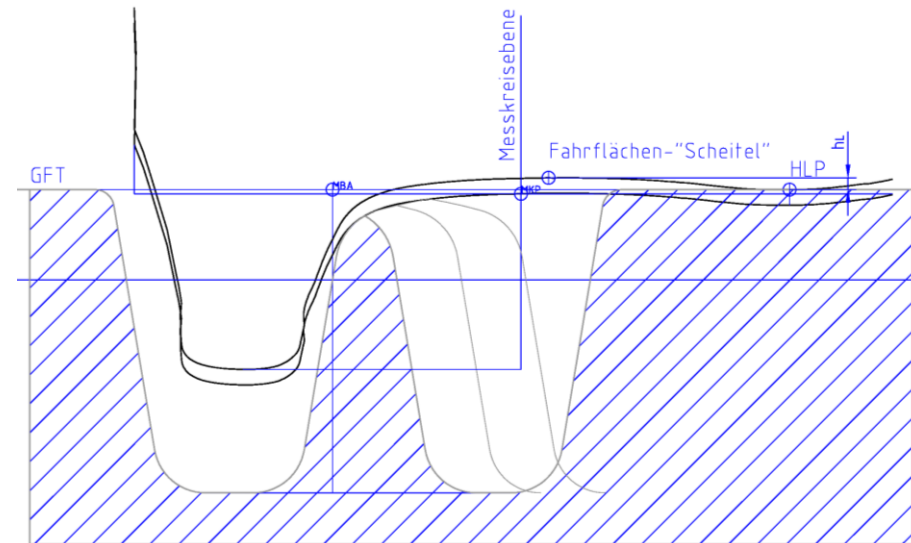


PROSE Berlin GmbH, Dr. Theiler, 2017

Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Herzstückbereich – Befahrbarkeit von Tiefrillenanlagen

- Kompatibilität an der Herzstückspitze
 - Ausführung der Flügelschiene / Hohlauf des Radprofils

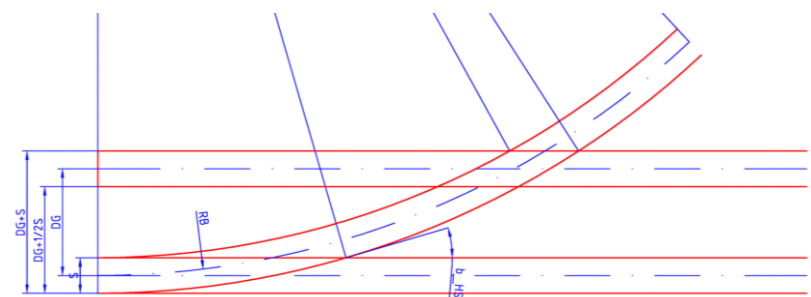
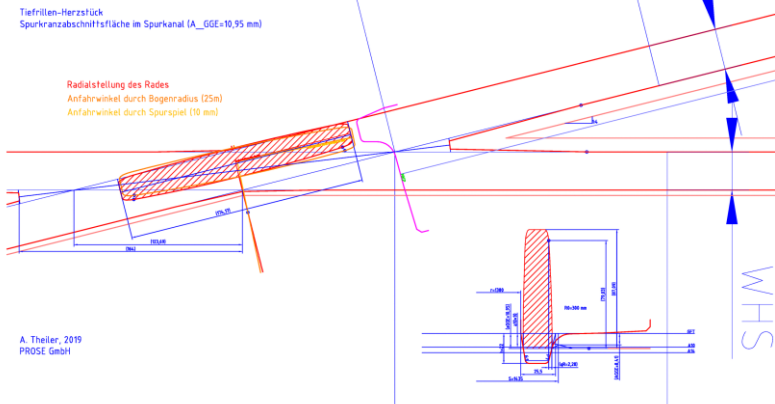


Herzstückbereich – Befahrbarkeit von Tiefrillenanlagen

- Berechnung max. zulässige Summe der Rillenweiten für Tiefrillenherzstück
- Ermittlung vor Bestimmung Quermaßstabelle um sinnvollen Wertebereich für TR abzustecken

Tiefrillen-Herzstück
Spurkranzabschnittfläche im Spurkanal ($A_{GGE}=10,95 \text{ mm}$)

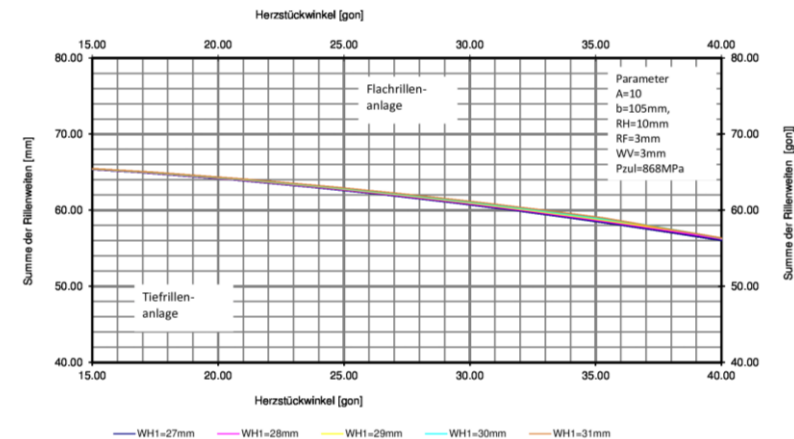
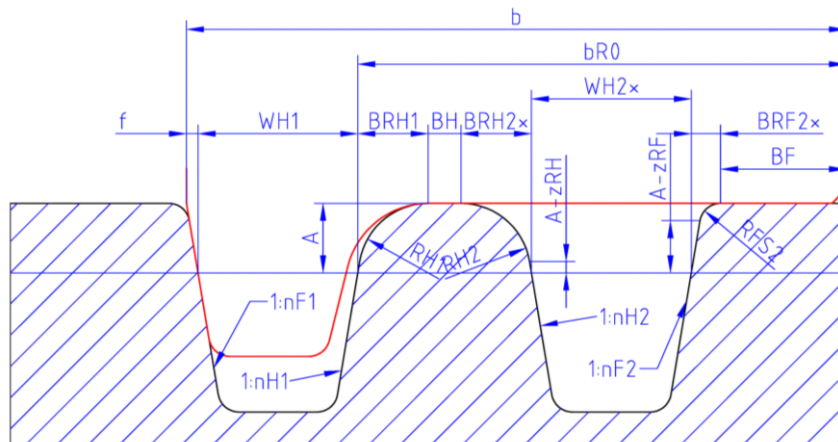
Radialstellung des Rades
Anfahrwinkel durch Bogenradius (25m)
Anfahrwinkel durch Spurspiel (10 mm)



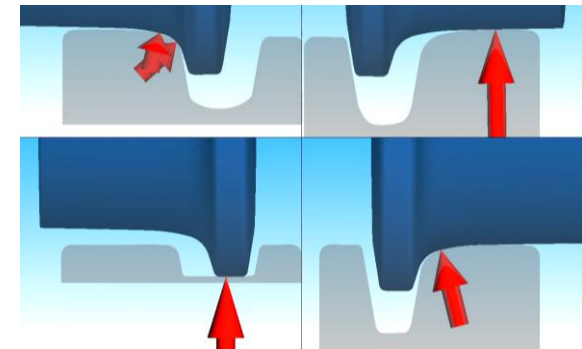
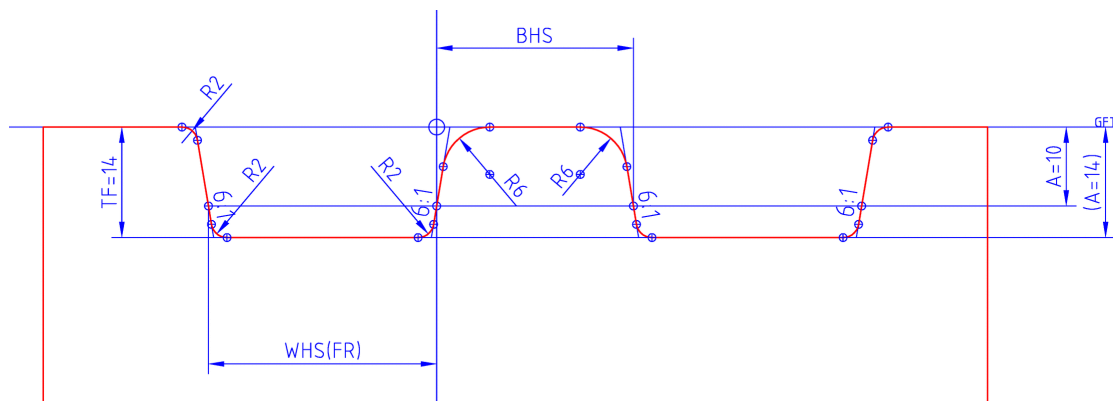
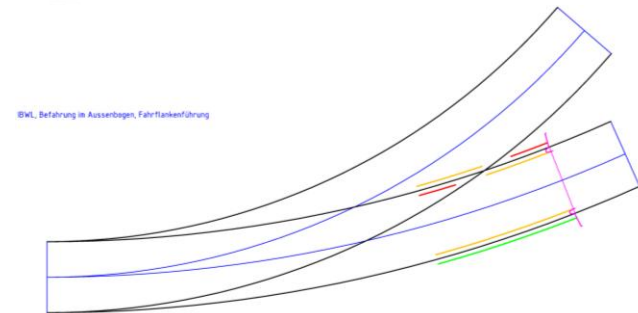
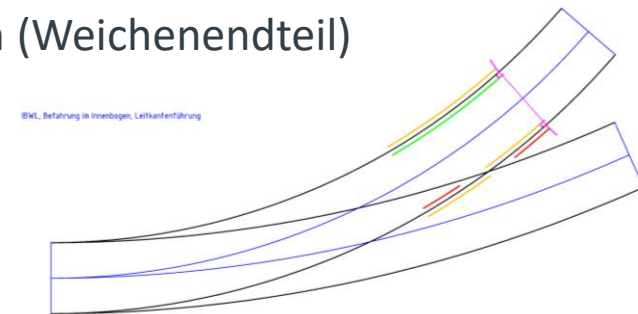
Rad / Schiene
Quermaß

Unterscheidung
Flachrille / Tiefrille

Unterscheidung Flachrillenanlage / Tiefrillenanlage



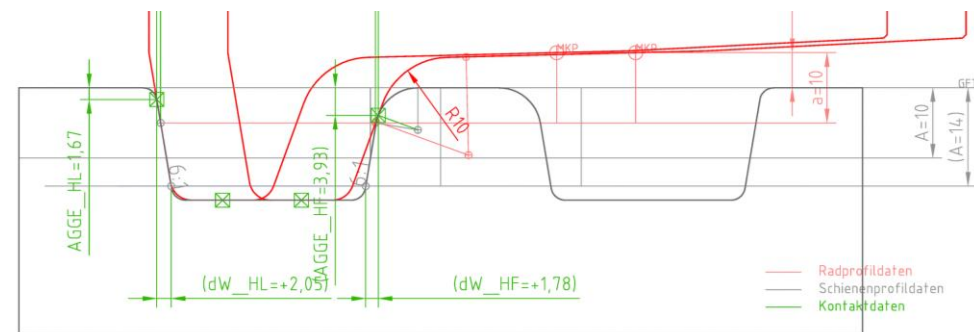
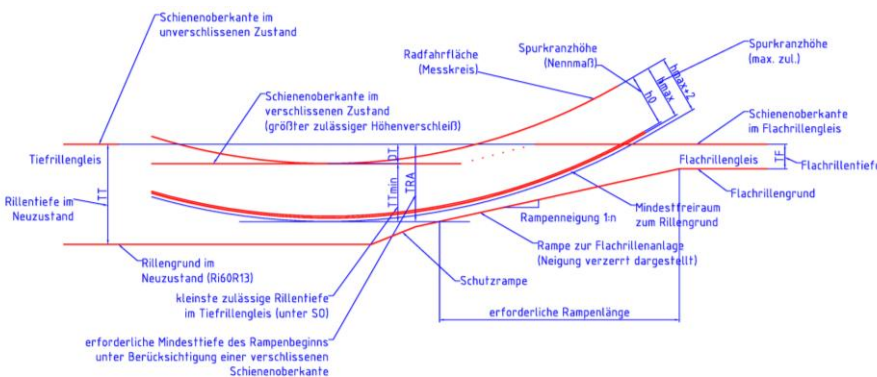
- Gleisnetz - Spurführung - Neuzustand - Herzstückbereich (Weichenendteil)
 - Flachrillenherzstück
 - bei Flach/Tiefrillen-Ausführung
 - FR-HS nur bogenaußen anordnen (wegen Radentlastung)
 - Verwindung bei Einfahrt in Flachrillen beachten!!!
 - Beispiel für **T = 14 mm**, KEA **R6** mit $n_{FR} = 6:1$
 - keinesfalls flacher herstellen!
Besser: **T ≥ 16 wählen!**



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Herzstückbereich – Flachrillenanlagen

- Befahrung von Flachrillenanlagen
 - Einflussgrößen
 - Spurkranzhöhe: kleinste Spurkranzhöhe bestimmt Mindestwert der Flachrillentiefe
 - Flachrillentiefe: Tiefe Schutzrampe beachten
 - Entgleisungssicherheit beachten!
 - kleinere Flachrillentiefen als 14 mm sind kaum vertretbar!
 - Die Spurkränze benötigen noch etwas Sicherheitshöhe an der Flanke um Entgleisungssicherheit auch bei dynamischen Effekten gewährleisten zu können
 - **VORSICHT:**
Flachrillenanlagen stellen eine hohe Herausforderung an die Entgleisungssicherheit dar (geringe Sicherheitshöhe, Nähe zu Verwindungssituationen und engen Bogenradien)



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Herzstückbereich – Führungsarten

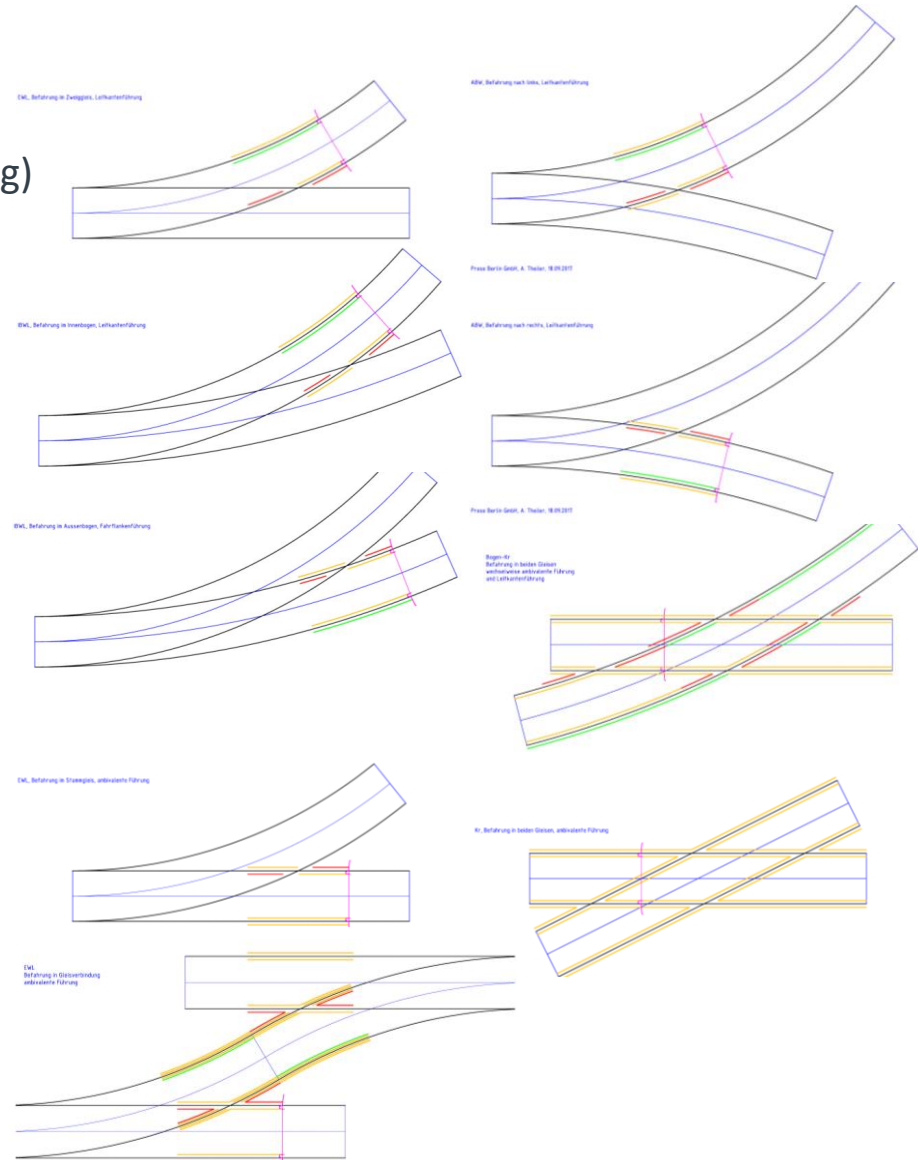
- Führungsarten

- Leitflankenführung (FLK)
(Radrückenführung am Innenbogenstrang)

- grün: Kontakt gewünscht
 - rot: Kontakt nicht gewünscht

- Fahrflankenführung (FFK)
(Stirnflankenführung am Außenbogenstrang)

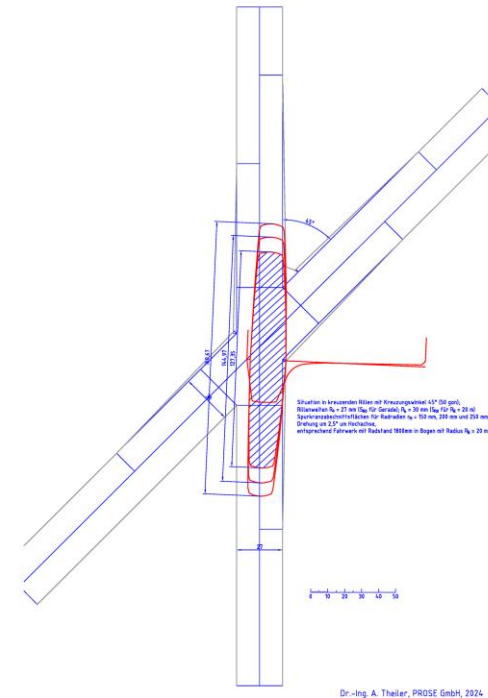
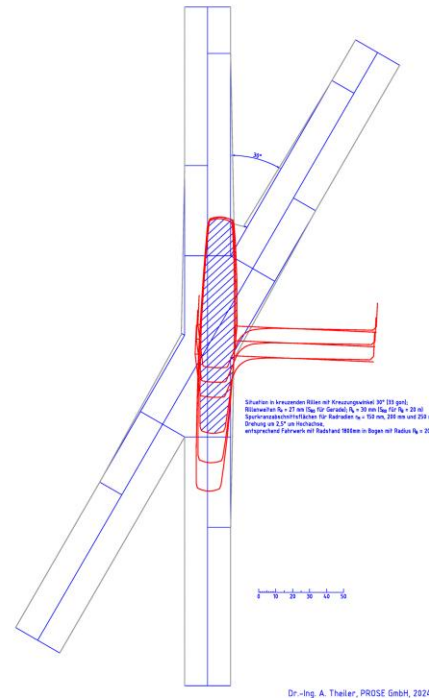
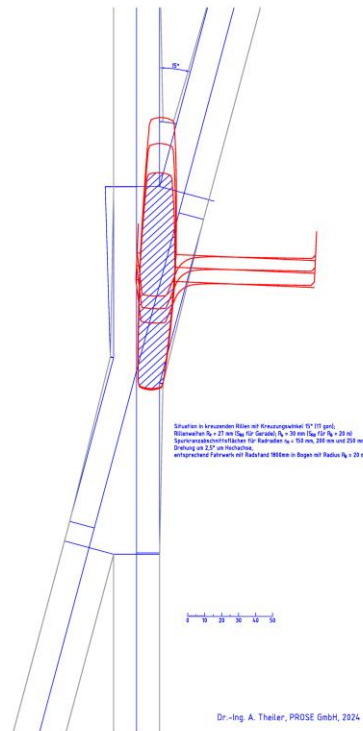
- ambivalente Führung (FAV)
(Fahrkopf und Rillenkopf müssen wechselseitig die Fahrwerksführung übernehmen)



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Herzstückbereich – Führungsarten

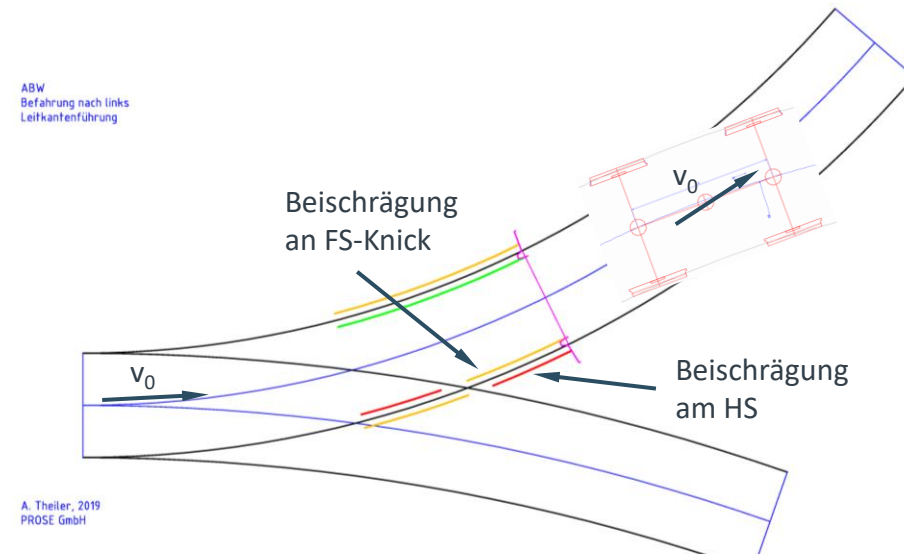
- Schutz vor frontalem Auftreffen und seitlichem Anfahren
 - durch Abstimmung der Quermaße:
 - Abstimmung der Leitweite zum gegenüber liegenden Radlenker
 - Festlegung der Mindestleitweite



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

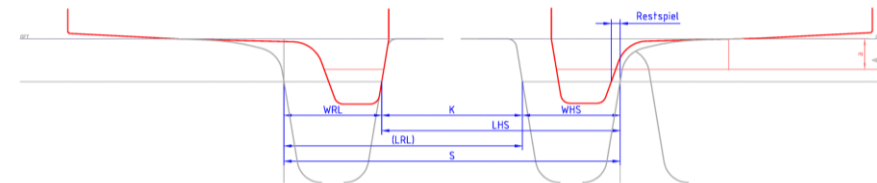
Herzstückbereich – Führungsarten

- Leitflankenführung (FLK) **spitze** Befahrungsrichtung
 - Anwendung
 - EW, Zweiggleis
 - ABW, beide Gleise
 - IBW, Innenbogen
 - Fahrwerksstellung
 - Spießgang (nach bogenaußen)
 - vorlaufendes Radpaar
 - führt an Radlenker (bogeninnen)
 - Herzstück soll nicht in Eingriff kommen
 - nachfolgendes Radpaar
 - fährt bogeninnen an Radlenkerfahrerschienen
 - bogenäußeres Rad drängt gegen Leitspitze
 - Aufschlag an Flügelschienenknick beachten!



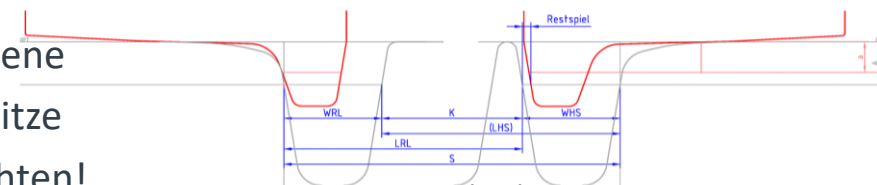
A. Theiler, 2019
PROSE GmbH

Prüfung Quermaßbeziehungen:
Tiefrißanlage (Herzstück rechts)
Querverschiebung gegen Fahrkante Radlenkerschiene
Prüfung Rillenweiten und Leifweite über Herzstückrille an Herzstückspitze



Prüfung Quermaßbeziehungen:
Tiefrißanlage (Herzstück rechts)
Querverschiebung gegen Fahrkante Radlenkerschiene
Prüfung Rillenweiten und Leifweite über Radlenkerrille an Leitspitze

Herzstückspitze



Leitspitze

Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Herzstückbereich – Führungsarten

- Ambivalente Führung (FAV)

- Anwendung

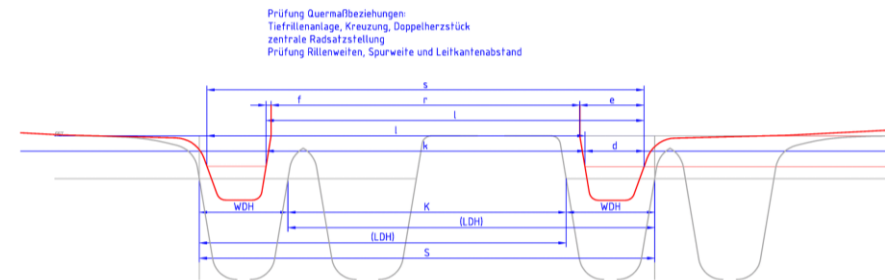
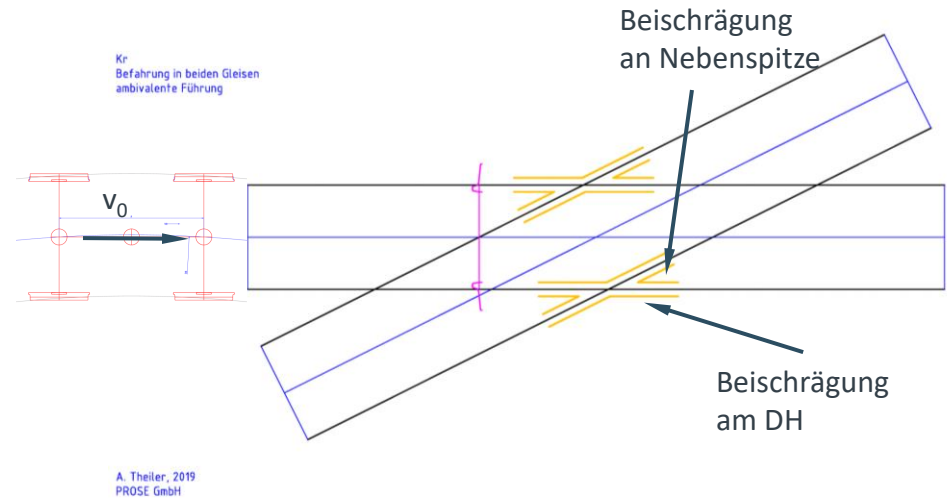
- Kreuzung
- EW, gerades Gleis

- Fahrwerksstellung

- jede Position realistisch

- wesentliche Forderung:

- zwängungsfreie Fahrt
- Beachtung der Anordnung der Beischrägungen abhängig von Befahrungsrichtung!



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Herzstückbereich – Quermaße: Bedingungen

- Schutzziele zur geometrischen Kompatibilität
Bedingungen gemäß „Technische Regeln Spurführung“
 - Zwängen in der Rillenweite **verhindern**: $W > d$
 - Zwängen in der Spurweite **verhindern**: $S > s, \quad \Delta S > 0$
 - Zwängen am Radrücken **verhindern**: $K < k$
 - Verschleiß durch frontales Anfahren der Herzstückspitze **verhindern**: $L_H > l^{1)}$
 - Verschleiß durch frontales Anfahren der Leitspitze **verhindern**: $L_R < l^{1)}$
 - Aufsteigen durch frontales Anfahren der Weichenzunge **verhindern**: $q_R > q_W$
 - Verschleiß durch seitliches Anfahren der Herzstückspitze **vermeiden**: $L_H > l^{2)}$
 - Verschleiß durch Anfahren der Leitspitze **vermeiden**: $L_R < l^{2)}$
 - Gewährleistung Durchfahrtrille an Zungenvorrichtung siehe „Zwängen“
 - **Reduktion** der Beanspruchung bei Herzstücküberfahrt $W_{H1} + W_{H2} = f(r_0, \dots, Q, R_{p0,2})$

- **Alle Bedingungen müssen in den GGEs geprüft werden!**

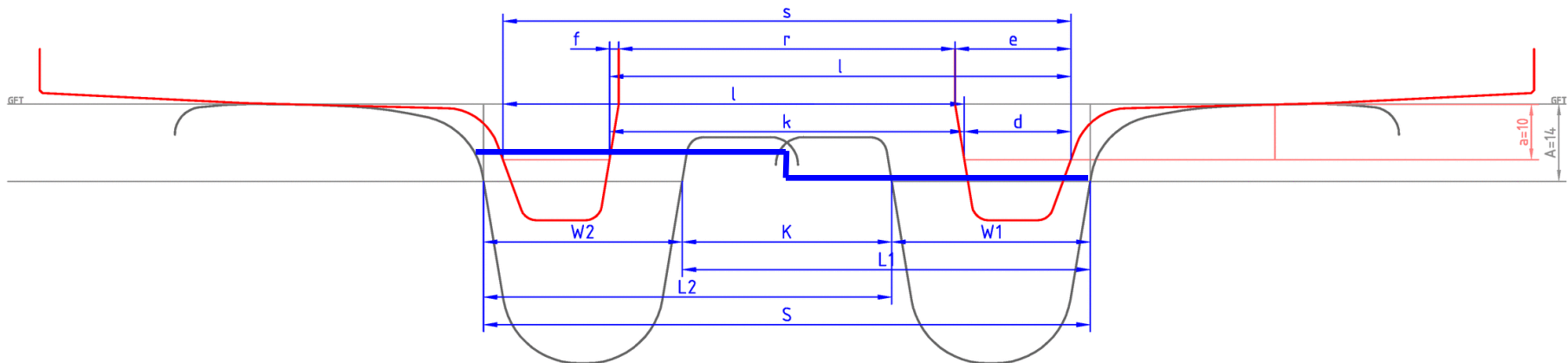
1) mit zusätzlicher Beischrägung durch Zusatzbearbeitung

2) auch ohne Beischrägung durch Zusatzbearbeitung

- Muss-Bedingungen (in GGE!)

- Rillenweite W_{GGE} > Spurkranzdicke d_{GGE} Spurspiel $\sigma_{W, GGE} > 0$
- Spurweite S_{GGE} > Spurmaß s_{GGE} Spurspiel $\sigma_{S, GGE} > 0$
- Rillen-/Leitkantenabstand K_{GGE} < Leitkreisabstand k_{GGE} Spurspiel $\sigma_{K, GGE} > 0$

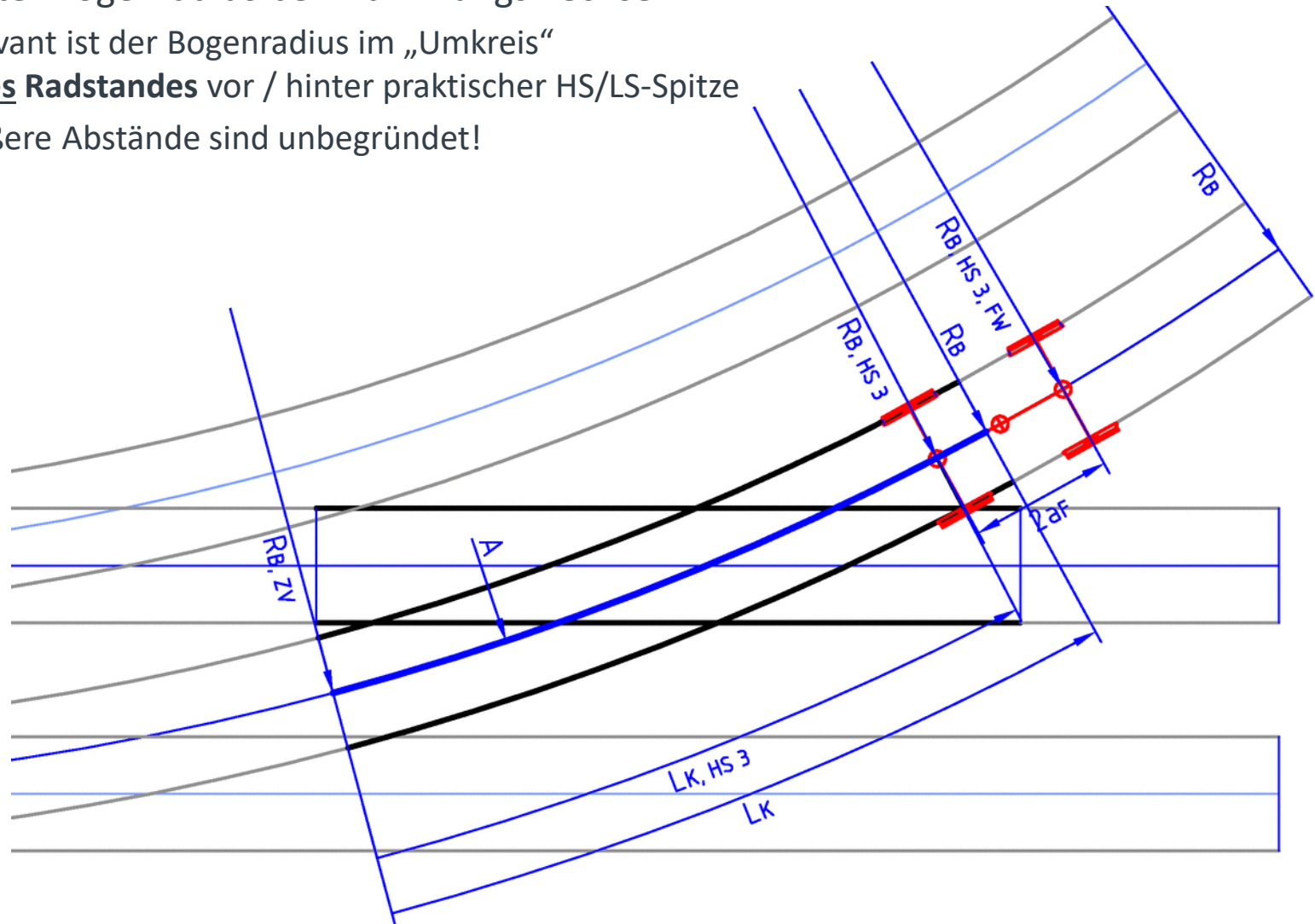
Prüfung Quermaßbeziehungen:
Streckengleis
zentrale Radsatzstellung
Prüfung Rillenweiten, Spurweite und Rillenkantenabstand



Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Herzstückbereich – Quermaße: Bedingungen

- Relevanter Bogenradius bei Krümmungswechseln
 - relevant ist der Bogenradius im „Umkreis“
eines Radstandes vor / hinter praktischer HS/LS-Spitze
 - größere Abstände sind unbegründet!



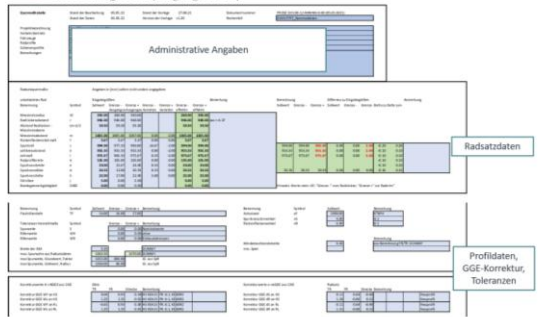
Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Herzstückbereich – Quermaße: Nachweisführung

- Rechnerischer Nachweis:
 - Formulierung der Quermaßbeziehungen für Rad und Schiene (mit Berechnung der Hüllkurve)
 - Berücksichtigung Verschleißgrenzen am Rad, Bandagenquerfederwege und Herstelltoleranzen des Gleises
 - Umsetzung in Tabellenkalkulation

Rechnerischer Nachweis: Tabellenkalkulation

○ Darstellungsform (Eingangsdaten)



Rechnerischer Nachweis: Tiefrillenanlagen, Darstellungsform

○ Beispieldaten

- Leitkantenverletzung: Zwängung
- Leitweitenverletzung: Anfahrung
- Spurspiel in Radlenkerrille: frei



- Rechnerischer Nachweis
- Bedingungen für Spurspiele
 - $\sigma_{GGE,1} > 0: W_{(G,H,R),min}^{GGE} - d_{(G,H,R),max}^{GGE,1} > 0$
 - $\sigma_{S,GGE,1} > 0: S_{(G,H),min}^{GGE} - S_{(G,H),max}^{GGE,1} + 2\Delta q_s^{Bde} > 0$
 - $\sigma_{K,GGE,1} > 0: K_{(G,H),min}^{GGE} - K_{(G,H),max}^{GGE,1} + 2\Delta q_s^{Bde} > 0$
 - $\sigma_{l_{H,min}}^{GGE,1} > 0: l_{H,min}^{GGE,1} - l_{H,max}^{GGE,1} - \Delta q_s^{Bde} > 0$
 - $\sigma_{l_{R,max}}^{GGE,1} > 0: l_{R,max}^{GGE,1} - l_{R,min}^{GGE,1} - \Delta q_s^{Bde} > 0$
 - Einfluss des Bandagenquerfederweges Δq_s^{Bde} bei den Spurspielen
 - Kein Einfluss auf Spurspiel in Rillenweite
 - Spurspiel zwischen **Spurweite** und Spurmaß wird **vergrößert**
 - Spurspiel zwischen **Leitkantenabstand** und Leitkreisabstand wird **vergrößert**
 - Spurspiel zwischen Fahrflanke der **Herzstückspitze** und Spurkranzstirnflanke bei Fahrflankenführung wird **verringert**
 - Spurspiel zwischen Leitflanke der **Leitspitze** und Spurkranzrückflanke bei Fahrflankenführung wird **verringert**
 - Kein Einfluss auf Spurspiele bei **Ambivalenter Führung**

- Rechnerischer Nachweis: Schiene
- $$W_{(G,H,R),min}^{GGE} = W_{(G,H,R)} + \Delta W_{(G,H,R),Bau} + \Delta W_{(G,H,R),F}^{GGE} + \Delta W_{(G,H,R),L}^{GGE}$$

$$S_{(G,H),min}^{GGE} = S_{(G,H)} + \Delta S_{(G,H),min}^{Bau} + \Delta W_{(G,H),F}^{GGE} + \Delta W_{(G,H),L}^{GGE}$$

$$K_{(G,H),min}^{GGE} = K_{(G,H)} + \Delta K_{(G,H),max}^{Bau} + \Delta W_{(G,H),L}^{GGE} + \Delta W_{(G,H),R}^{GGE}$$

$$l_{H,min}^{GGE} = l_H + \Delta S_{H,min}^{Bau} - \Delta W_{R,min}^{Bau} + \Delta W_{H,F}^{GGE} - \Delta W_{H,L}^{GGE}$$

$$l_{R,max}^{GGE} = l_R + \Delta S_{R,max}^{Bau} - \Delta W_{R,max}^{Bau} + \Delta W_{R,F}^{GGE} - \Delta W_{H,L}^{GGE}$$
 - Abmessung Korrektur GGE
Reduktion durch Anfahrwinkel
Zunahme durch Anfahrwinkel
 - Die Korrekturterme $\Delta W_{(G,H,R),F}^{GGE}, \Delta W_{(G,H,R),L}^{GGE}$ für Fahrflanke und Leitflanke müssen **abhängig vom Rad- und Schienenprofil** (Gleis, Herzstückschiene, Radlenkerschiene) und der Anlagenbauart (Tiefrillen/Flachrillen) ermittelt und eingesetzt werden.

- Rechnerischer Nachweis: Rad
- $$d_{(G,H,R),min}^{GGE,1} = (d_{max} + \Delta d_{(G,H,R),S}^{GGE} + \Delta d_{(G,H,R),L}^{GGE}) \cos(\alpha) + \Delta d_s^{1,1} + \Delta d_s^{1,2}$$

$$S_{(G,H),min}^{GGE,1} = (s_{max} + \Delta d_{(G,H),S}^{GGE} + \Delta d_{(G,H),L}^{GGE}) \cos(\alpha) + \Delta d_s^{1,1} + \Delta d_s^{1,2}$$

$$K_{(G,H),min}^{GGE,1} = (k_{max} - \Delta d_{(G,H),R}^{GGE} - \Delta d_{(G,H),L}^{GGE}) \cos(\alpha) - \Delta d_s^{1,1} - \Delta d_s^{1,2}$$

$$l_{H,max}^{GGE,1} = (l_{max} + \Delta d_{(G,H),S}^{GGE} - \Delta d_{(G,H),R}^{GGE}) \cos(\alpha) + \Delta d_s^{1,1} - \Delta d_s^{1,2}$$

$$l_{R,min}^{GGE,1} = (l_{min} - \Delta d_{(G,H),S}^{GGE} + \Delta d_{(G,H),L}^{GGE}) \cos(\alpha) + \Delta d_s^{1,1} - \Delta d_s^{1,2}$$
 - Abmessung Korrektur GGE
Reduktion durch Anfahrwinkel
Zunahme durch Anfahrwinkel
 - Die Korrekturterme $\Delta d_{(G,H),S}^{GGE}, \Delta d_{(G,H),L}^{GGE}$ müssen **abhängig vom Rad- und Schienenprofil** (Gleis, Herzstückschiene, Radlenkerschiene) und der Anlagenbauart (Tiefrillen/Flachrillen) ermittelt und eingesetzt werden.
 - Berücksichtigung Bandagenquerfederweg folgt

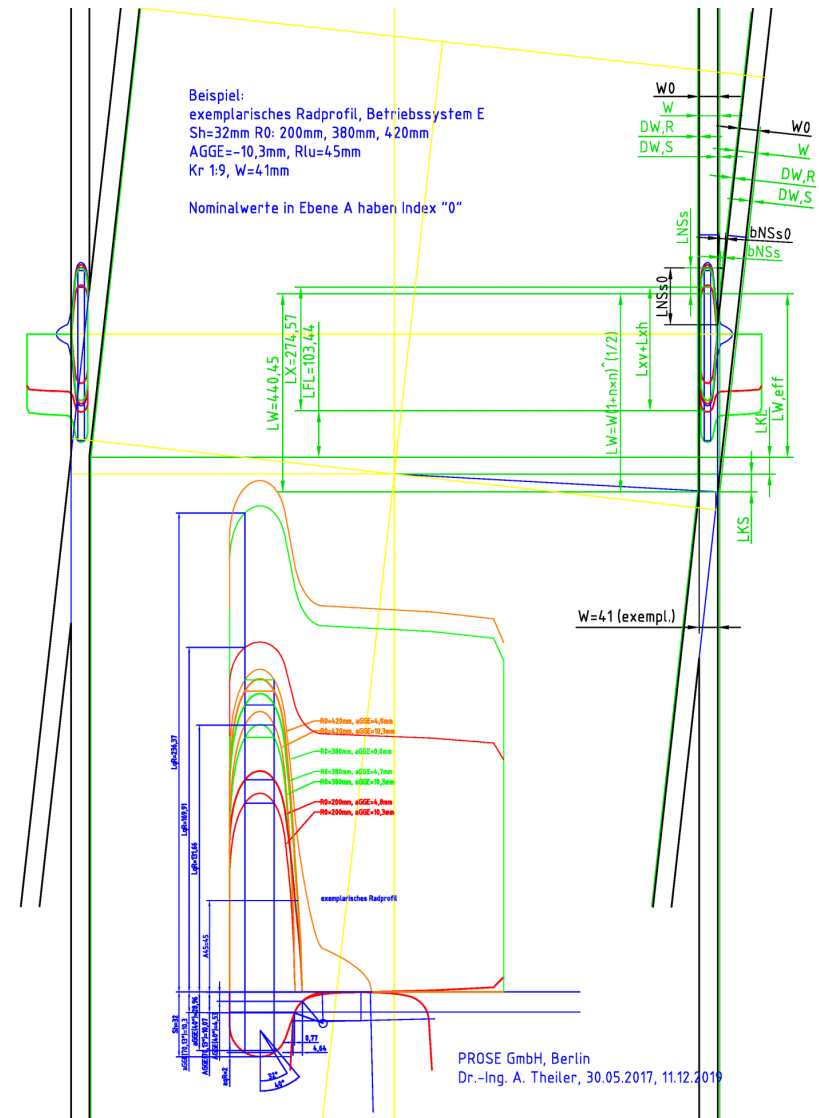
Herzstückbereich – Quermaße: Herstellmaße, Betriebsgrenzmaße

- Herstellmaße, Eingriffsschwellen für die Instandhaltung, Grenzwerte
 - DBAG:
 - Z_0 : Herstellwert
 - SR_A : Aufmerksamkeitsgrenze
 - SR_{100} : Wert gegenüber Schadensgrenze, die technisch/wirtschaftlichen Abnutzungsvorrat enthält
 - SR_{lim} : Schadensgrenze
 - Straßenbahn (so oft anzutreffen!)
 - „Herstellwert“
 - Eingriffsschwelle für die Instandhaltung, „Instandhaltungsgrenze“ (hier: „ SR_{lim} “)
 - Betriebsgrenzmaß (hier: „ SR_G “)
 - Vorgehensweise
 - Betriebsgrenzmaße ergeben sich aus rechnerischen Beziehungen
 - Betriebsgrenzmaße sind keine Toleranzmaße sondern absolute Größen
 - im ausreichenden Verschleißvorrat davon entfernt werden Herstellmaße („ Z_0 “) festgelegt
 - Berücksichtigung von Bautoleranzen und Verschleißvorrat
 - zwischen beiden werden Eingriffsschwellen für die Instandhaltung angesetzt

Befahrung von Weichen und Kreuzungsanlagen

Doppelherzstück

- Befahrung von Doppelherzstücken
 - gefordert ist Überdeckung der Spurkranzabschnittsfläche mit Länge der kreuzenden Rille
 - Verlängerung der Spurkranzabschnittsfläche durch
 - größere Raddurchmesser
 - höheren Spurkranz
 - Anheben der rückenseitigen GGE durch Verwendung des überhöhten Radlenkers



Spuruntersuchung – Dokumentation

Quermaßtabelle

- **Quermaßtabelle**
 - Übersichtsseite, Angaben zur Dokumentation und Freigabe, Haupt-Eingangsdaten
 - Fahrzeugklassen
 - Herstellwerte
 - (Aufmerksamkeitsgrenze)
 - Eingriffsschwelle für die Instandhaltung
 - Betriebsgrenzmaße

Spuruntersuchung – Dokumentation

Quermaßtabelle

- **Quermaßtabelle** (Layout nach Wünschen des Verkehrsbetriebes)
 - Übersichtsseite, Angaben zur Dokumentation und Freigabe, Haupt-Eingangsdaten

Beispiel

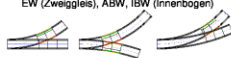
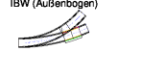
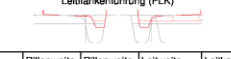
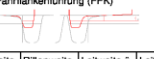
Version: v00.01 Stand: 30.11.2020 Dokument: PROSE 08-03-00NNN, R-0		Quermaßtabelle Übersicht		VERKEHRSBETRIEB BETRIEBSTEIL	
Quermaßtabelle für VERKEHRSBETRIEB (Betriebsteil BETRIEBSTEIL), Version v00.01 (30.11.2020)					
Erstellung PROSE Berlin GmbH Colditzstraße 28, 12099 Berlin		Bearbeitung Dr.-Ing. A. Theiler		Prüfung NAME-PRÜFER NAME-FREIGEBER	
Basisangaben					
Grundsätzlich gelten die Festlegungen, Annahmen, Randbedingungen und Daten gemäß PROSE Bericht PROSE Bericht NNNNNN, R-0, TT.MM.JJJJ sowie gemäß Dokumentation zum Rechnerischen Nachweis PROSE Bericht 08-06-DOCQMTAB, R-0, TT.MM.JJJJ. Diese Unterlagen sind im Zweifelsfall heranzuziehen.					
Angaben zum Fahrzeug:		Fahrzeugtyp: FAHRZEUGTYPEN Achsstand: ____ mm Raddurchmesser: ____ mm Radaufstandskraft: ____ kN		Besonderheiten: BENENNEN	
Angaben zum Radprofil		Dokument: DOKUMENT RADPROFIL Radprofil: RADPROFIL		Besonderheiten: vorhanden / nicht vorhanden	
Radsatzgrenzmaße		Dokument: DOC-RP-GRENZEN d = ____ mm bis ____ mm, r = ____ mm		siehe PROSE Bericht 08-06-DOCQMTAB, R-0, TT.MM.JJJJ.	
Bezugsebene Spurweite im Streckengleis		A = ____ mm			
Bezugsebene Spurweite im Herzstückbereich		A _{HS} = ____ mm			
Nennspurweite		S = ____ mm			
Nennprofil Schiene Streckengleis		BENENNUNG		siehe PROSE Bericht 08-06-DOCQMTAB, R-0, TT.MM.JJJJ.	
Kopfform Tiefrillenherzstück		BENENNUNG		siehe PROSE Bericht 08-06-DOCQMTAB, R-0, TT.MM.JJJJ.	
Ausbildung Flachrille, Flachrillentiefe		BENENNUNG, T _r = ____ mm			
nachfolgende Blätter		Blatt 3-2-2 Herstellmaße Blatt 3-2-3 Eingriffsschwellen für die Instandhaltung Blatt 3-2-4 Betriebsgrenzmaße Blatt 3-2-5 Anwendbarkeit von Tiefrillenanlagen Blatt 3-2-6 Nennprofile Anlage 1: Erläuterungen		VERKEHRSBETRIEB Dokument Nummer VVVV-IDENT Zustand: VVVV-VERSION	
Anmerkungen KEINE				Genehmigung TT.MM.JJJJ AAAA, UUUU Datum, Abteilung, Name: gültig ab: TT.MM.JJJJ	

Spuruntersuchung – Dokumentation

Quermaßtabelle

- **Quermaßtabelle** (Layout nach Wünschen des Verkehrsbetriebes)
 - Herstellmaße (Anlagentypen TR, FR, FR/TR; Führungsarten FLK, FFK, FAV)

Beispiel

Quermaßtabelle Herstellmaße														VERKEHRSBETRIEB BETRIEBSTEIL			
Version: v00.01 Stand: 30.11.2020 Dokument: PROSE 08-03-00NNN, R-0														Blatt 3-2-2			
Bauform	EW (Zweiggleis), ABW, IBW (Innenbogen) 					IBW (Außenbogen) 					Kr, EW (Gerade) 			Streckengleis			
Führungsprinzip	Leitflankenführung (FLK) 					Fahrflankenführung (FFK) 					Ambivalente Führung (FAV) 			EXEMPLARISCHE ANGABEN!!!			
Bogenradius R_b [m]	Spurweite S [mm]	Rillenweite Radlenker W_{RL} [mm]	Rillenweite Herzstück W_{HS} [mm]	Leitweite ü. Herzstück L_{Δ} [mm]	Leitkanten- abstand K [mm]	Spurweite S [mm]	Rillenweite Radlenker W_{RL} [mm]	Rillenweite Herzstück W_{HS} [mm]	Leitweite ü. Herzstück L_{Δ} [mm]	Leitkanten- abstand K [mm]	Spurweite S [mm]	Rillenweite W_{RL} [mm]	Leitkanten- abstand K [mm]	Anmerkungen			
Bautoleranz	-N/+N	-N/+N	-N/+N	-N/+N	-N/+N	-N/+N	-N/+N	-N/+N	-N/+N	-N/+N	-N/+N	-N/+N	-N/+N	Angaben ohne Einheiten in Millimeter			
TR/TR	A = T > NN										A = T > NN			Tiefrihlenanlage			
16	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56	321	Kopfform Streckgleis: Form 60R2		
18	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56	1278	56	321	Kopfform Herzstück: Form 60R1
25	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56	1278	56	321	Kopfform Radlenker: 60R2, Flankenreinigung 6:1
30	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56	1278	56	321	Reduktion Tiefrihlentiefe T_r wegen Ausrundungsgradus im Rillengrund möglich
50	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56	1278	56	321	Grenzwinkel für Anwendung von Tiefrihlanlagen gemäß Blatt 3-2-5 beachten
70	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56	1278	56	321	Spalte „Ambivalente Führung“ für gerade Herzstücke dann gültig.
100	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56	1278	56	321	wenn ausreichend gerade Strecke zwischen Bogenende und Herzstück vorliegt
Gerade	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56	1278	56	321	Spalte „Streckengleis“ auch gültig für Übergangsschienen
FR/FR	A = T_r =													Flachrihlenanlage			
16	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56	Kopfform Herzstück: Form 60R1			
18	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56	Ausbildung Radlenker: 6:1, R3, Anrampung 1:100			
20	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56				
30	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56				
50	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56				
70	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56				
100	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56				
Gerade	1234	56	78	321		1234	56	78	321		1234	56	56				
FR/TR	A = T_r > NN T_r =													Flach-Tiefrihlenanlage			
16	1234	56	78	321										Kopfform Streckgleis: Form 60R2			
18	1234	56	78	321										Kopfform Herzstück: gemäß Flachrihlenanlage			
20	1234	56	78	321										Kopfform Radlenker: gemäß Tiefrihlenanlage			
30	1234																

Spuruntersuchung – Dokumentation

Quermaßtabelle

- **Quermaßtabelle** (Layout nach Wünschen des Verkehrsbetriebes)
 - Eingriffsschwellen für die Instandhaltung, Betriebsgrenzmaße

Beispiel

PROSE 

VVVV-LOGO

Version: v00.01 Stand: 30.11.2020 Dokument: PROSE 08-03-00NNH, R-0		Quermaßtabelle Betriebsgrenzmaße				VERKEHRSBETRIEB BETRIEBSTEIL	
Bauform		EW (Zweiggleis), ABW, IBW (Innenbogen)		IBW (Außenbogen)		Kr, EW (gerades Gleis)	
Führungsprinzip		Leitfahnenführung (FLK)		Fahrlfahnenführung (FFK)		Ambivalente Führung (FAV)	
R ₀ [m]		S _{min} [mm]		S _{max} [mm]		W _{min} [mm]	
TR/TR		A = NN		T ≥ NN		Blatt 3-2-4	

PROSE 

VVVV-LOGO

Version: v00.01 Stand: 30.11.2020 Dokument: PROSE 08-03-00NNH, R-0										Quermaßtabelle Eingriffsschwellen für die Instandhaltung										VERKEHRSBETRIEB BETRIEBSTEIL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
										Bauform										Kr, EW (gerades Gleis)										Streckengleis										Blatt 3-2-3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
										Führungsprinzip										Leitfahnenführung (FLK)										Fahrlfahnenführung (FFK)										Ambivalente Führung (FAV)										Fahrlfahnenführung										EXEMPLARISCHE ANGABEN!!!																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Gerade										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234										1234									

Dr.-Ing. A. Theler
PROSE GmbH, Berlin
ATH_GMTHab_Tabelle_v1-00_201130a_VVVV-v0-00_201202a_Demo-020

Hinweise
Das Erreichen von S_{min} und K_{min} ist durch Vertikalverschleiß der Fahrlfahne oder bauliche Veränderungen möglich.
Das Erreichen von W_{min} ist durch Vertikalverschleiß des Fahrgleises möglich.
Am Teiltiefenhersteller ist bei der Konstruktion die zulässige Summe der Ritenweiten gemäß Blatt 3-2-5 unter Berücksichtigung von Verschleiß zu beachten.

Dr.-Ing. A. Theler
PROSE GmbH, Berlin
ATH_GMTHab_Tabelle_v1-00_201130a_VVVV-v0-00_201202a_Demo-020-020-ATH.doc

Blatt Nr 3 von 10

Daten: Version: v00.01 Stand: 30.11.2020
Layout: Version: v01.00 Stand: 30.11.2020

- Anwendung in der **Planung**
 - relevant sind **Herstellmaße**
 - Welche Anlagenart liegt vor (EW, IBW, ABW, KR, BKr)
 - Welcher Gleisstrang wird gerade betrachtet (EW-S, EW-Z, IBW-IB, IBW-AB, ABW-L, ABW-R)
 - Welcher Bogenradius ist relevant
 - Welche Führungsart wurde bei Bemessung angesetzt (-> welche Tabellenspalte ist wirksam)
 - Dann erst Tabelle heranziehen und aus entsprechendem Zelleneintrag Daten für S_0 , W_{H0} , W_{R0} , S_{min} , S_{max} , W_{min} , W_{max} , K_{max} ablesen und für Bewertung verwenden
- Anwendung bei der **Instandhaltung**
 - relevant sind **Eingriffsschwellen** für die Instandhaltung bzw. **Betriebsgrenzmaße**
 - An welcher Anlage wird gemessen?
 - An welchem Gleisstrang wird gemessen (gerade in Kreuzungen!)
 - Wo liegen die Messquerschnitte
 - Sauberes Anlegen der Messmittel (auf GFT, rechtwinklig zu Fahrflanke)
 - Korrektes Eintragen in richtige Zeile(/Zelle) des Messblattes

- Die **Spurführung** ist eine der Grundlagen für eine **sichere Betriebsführung**
- Hierzu müssen die Vorgaben des **Spurführungshandbuchs** für Gleise und Gleiskonstruktionen beachtet werden, da diese in **Abstimmung** mit den **Fahrzeugparametern** erarbeitet wurden
- Erstellung u. Anwendung des Spurführungshandbuchs für setzt die aktive **Interaktion** der Verantwortlichen für Fahrweg- u. Fahrzeug-Instandhaltung voraus.
- **Isolierte Betrachtung** für Kostenoptimierung führen zu **Fehlentwicklungen** des Systems!
- **Spurführung** für Straßenbahnen ist eine **komplexe Thematik**: Enge Bögen und geteilter Verkehrsraum führen zu **Wechselwirkungen** von **Fahrwerk und Fahrweg**. Optimierte Lösungen erfordern **Fachkunde** und **Austausch** mit anerkannten Fachleuten.

Undokumentierte Bastellösungen („wir wissen es sowieso besser“) helfen nicht!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

PROSE GmbH

Dr.-Ing. André Theiler

M: +49 1523 3626803

E: andre.theiler@prose.one

Landsberger Allee 131a
10369 Berlin

PROSE AG

Zürcherstraße 41

8400 Winterthur

T: +41 52 262 74 00

E: info@prose.one