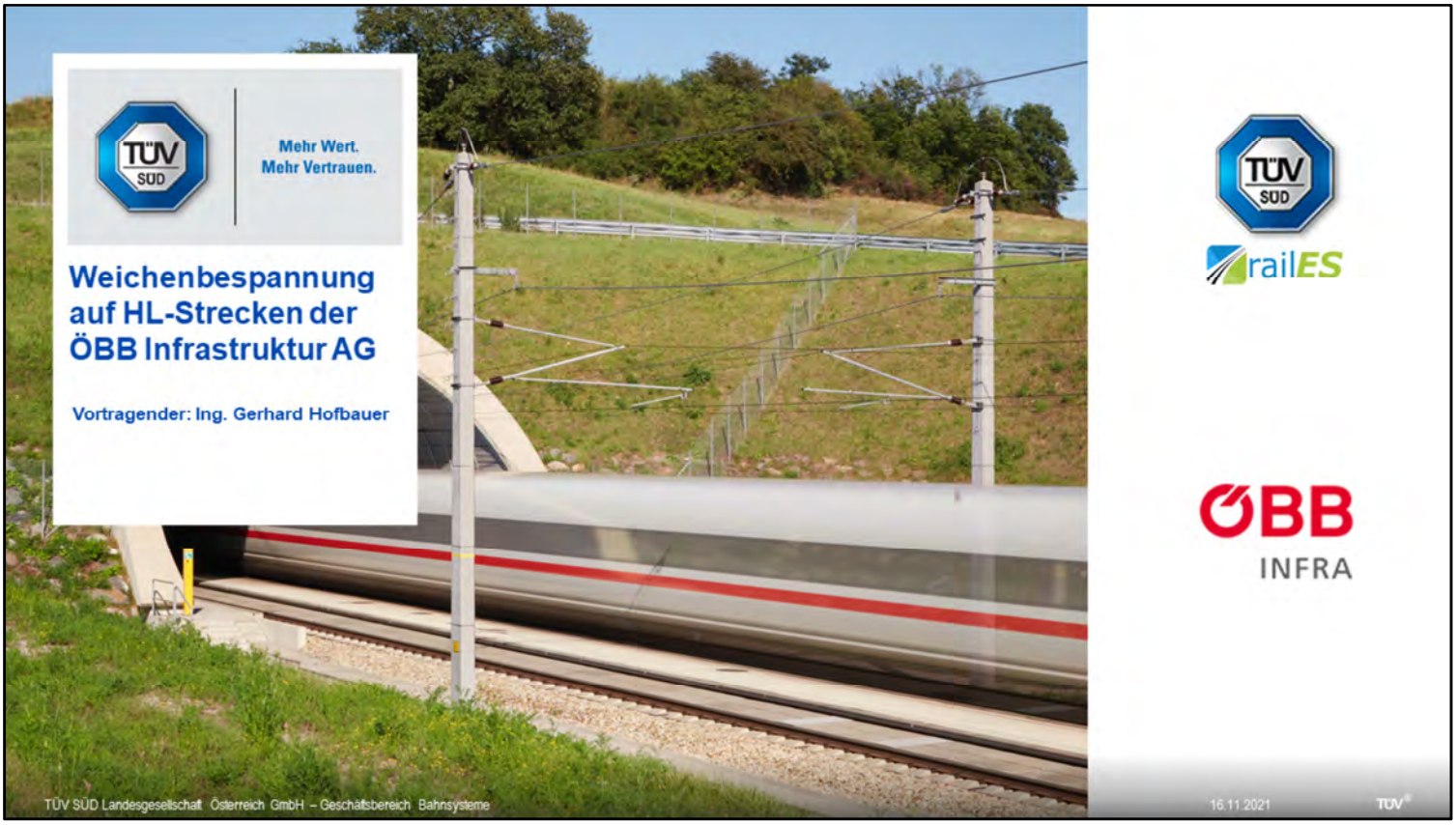


Sehr geehrte Damen und Herren!

Ich darf Sie recht herzlich begrüßen.

Mein Vortrag behandelt, wie man eine Oberleitung für Weichen der ÖBB-Oberleitungstype 2.1 errichtet, hauptsächlich aus Sicht der Montageplanung.

Inhalte

I. Zusammenwirken Fahrdraht und Stromabnehmer

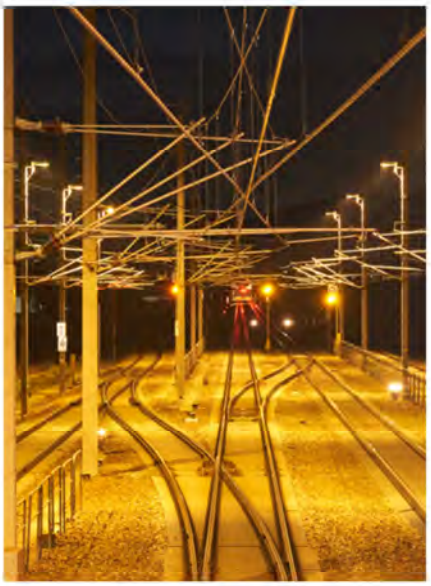
II. Einflussfaktoren auf die statische Ruhelage

III. Design der Weichenstützpunkte gem. ED 67

IV. Fahrdraht- Höhenverlauf Kreuzungsfeld

V. Aufeinanderfolge von Weichen, Sektionen…

VI. Zusammenfassung



Beginnen möchte ich mit Aspekten über das Zusammenwirken von Fahrdraht und Stromabnehmer.

Mit der Betrachtung der Parameter für die statische Ruhelage werde ich zum Design der Weichenstützpunkte übergehen.

Der Höhenverlauf der sich bei Weichen kreuzenden Fahrdrähte ist DER entscheidende Faktor für die Güte der Stromabnahme.

Die Probleme mit kurzen Abständen zwischen singulären Stellen, wie Weichen, Sektionswechsel und Lufttrennungen, werde ich auch ansprechen.

I. Fahrdraht und Stromabnehmer

Stromabnehmer

leichte Bauweise

gefederte Wippe

Statische Einstellwerte des Stromabnehmers bei Bügelfahrt mit MTW (ED 21)

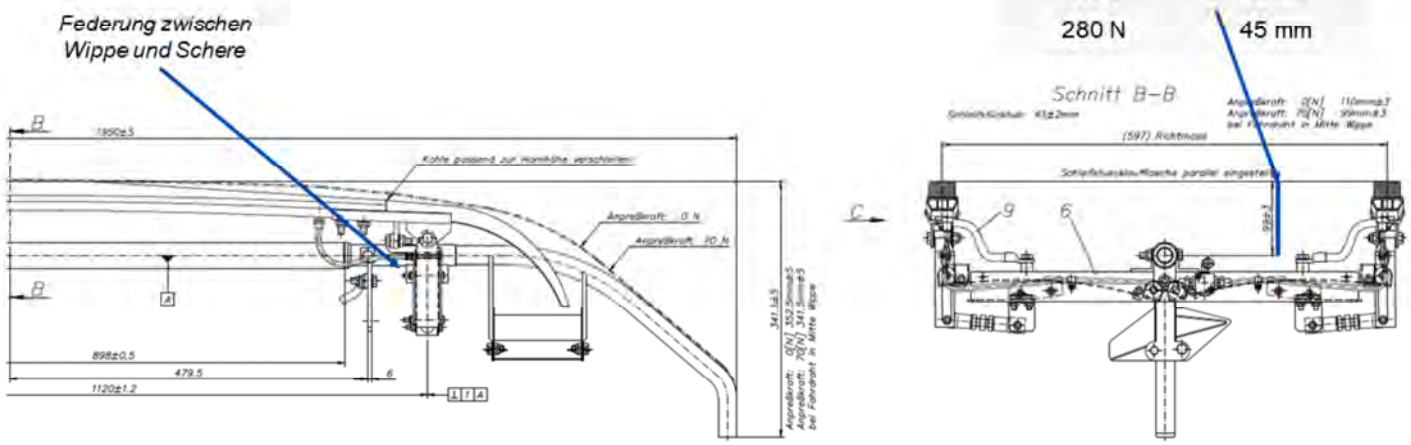
- bei OL-Type 1.1 mit 150N Bügeldruck
- bei OL-Type 1.2 mit 170N Bügeldruck
- bei OL-Type 1.3 mit 185N Bügeldruck
- bei OL-Type 2.1 mit 250N Bügeldruck

Vorerst ein Blick auf den Stromabnehmer:
Der Stromabnehmer kann in einem gewissen Ausmaß ungleiche Höhenlagen des Fahrdrahtes kompensieren.
Die Masse der an den Fahrdraht anliegenden Teile soll möglichst gering sein, um Höhenbewegungen mitmachen zu können, ohne dass hohe Kraftspitzen entstehen.

I. Fahrdraht und Stromabnehmer

Eingeschränkter Federweg

0 N	110 mm
70 N	99 mm
280 N	45 mm



Am Beispiel des bei den ÖBB verwendeten 8WL0 lässt die Wippe einen Federweg von ca. 45 mm zu. Darüber hinausgehende Höhenänderungen sind nur durch Bewegung des Oberarmes möglich.

Der Federweg bei 70 N beträgt ca. 11 mm.
Das entspricht, dass die Wippe eine Krafteinwirkung bis 280 N ausfedern kann, ohne dass der Oberarm bewegt werden muss. Auf Basis des in der EN 50367 definierten Mittelwertes der Kontaktkraft bei 250 km/h bleiben
ca. 20 mm, die ausgefedert werden können.

Es gilt grundsätzlich:

- Die mittlere Kontaktkraft entscheidet der Stromabnehmer
- Für die Streuung ist hauptsächlich die Oberleitung verantwortlich

II. Einflussfaktoren auf die statische Ruhelage

A. Abspannzug des Längstragseiles und Fahrdrahtes
- Massen der Belastungsgewichte und Bauteile
- Übersetzung des RSPW (nicht exakt 1:3)
- Einlaufwinkel des Seiles

B. Massen Fahrdraht und Längstragseil

C. Einfluss Seitenhalter auf Fahrdraht

D. Länge und Zugspannung des Y-Beiseiles

E. Hysterese der beweglichen Nachspannung

F. Gleisradien

von Bauteilen der Oberleitung

Die Horizontalzugkraft in Fahrdraht und Längstragseil wird üblicherweise durch Radspannwerke aufgebracht. Für die Bewertung der Kräfte müssen auch die Massen der mit den Belastungsgewichten verbundenen Bauteile berücksichtigt werden.

Wenn Belastungsgewichte, Fahrdraht und Längstragseil die für sie spezifizierten Gewichtstoleranzen ausschöpfen, werden die Toleranzen der Fahrdrahthöhenlage laut ED 21 bereits überschritten – übrigens OHNE Berücksichtigung der Hysterese der Nachspanneinrichtung.

Bei Fahrdraht und Längstragseil wäre eine Angabe der tatsächlichen Gewichte je Meter auf den jeweiligen Typenschildern der Trommeln wünschenswert.

Bei der Montage des Y-Beiseiles müssen alle Hänger auch im jeweils nächsten Längsspannfeld eingebaut sein und das Kettenwerk mit allen Zusatzmassen, wie Einspeisungen, Stromverbinder, Trenner usw. belastet sein.

Bei Gleisbögen mit Gleisüberhöhungen ist bei jedem Hänger die absoluten Höhenlage zu berücksichtigen.

II. Einflussfaktoren auf die statische Ruhelage

A. Gleislage (nur rasch wechselnde Unterschiede problematisch)
- Höhenlagetoleranz
- Seitenlagetoleranz
- Toleranz der Gleisüberhöhung

von außen

B. Übergänge zwischen verschiedener Unterbauten

C. Fahrzeugfederung

D. Luftströmungen (Fahrzeugseitig, Tunnel, Brücken…)

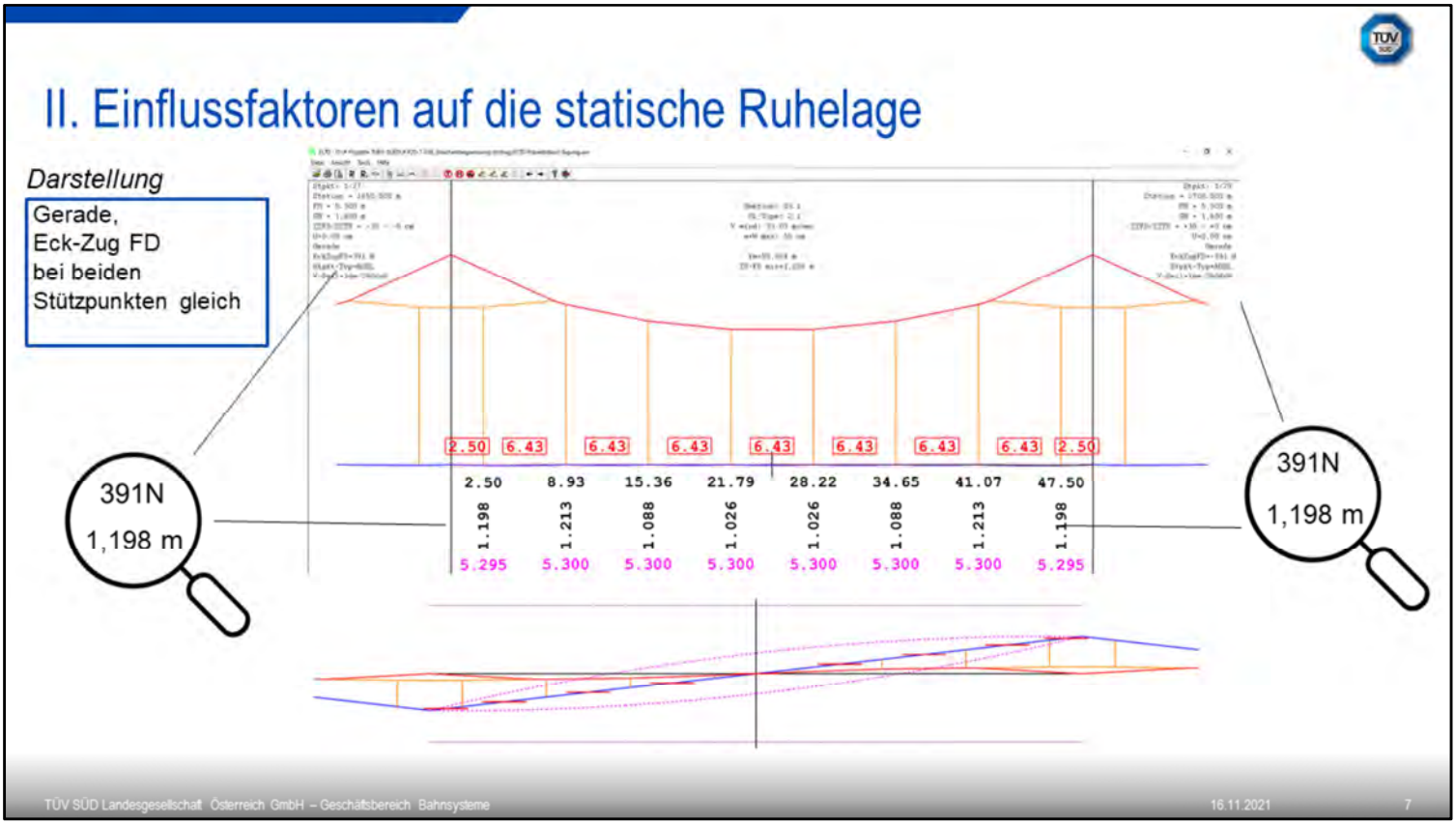
E. Zustand der Schleifleisten

F. …..uvm.

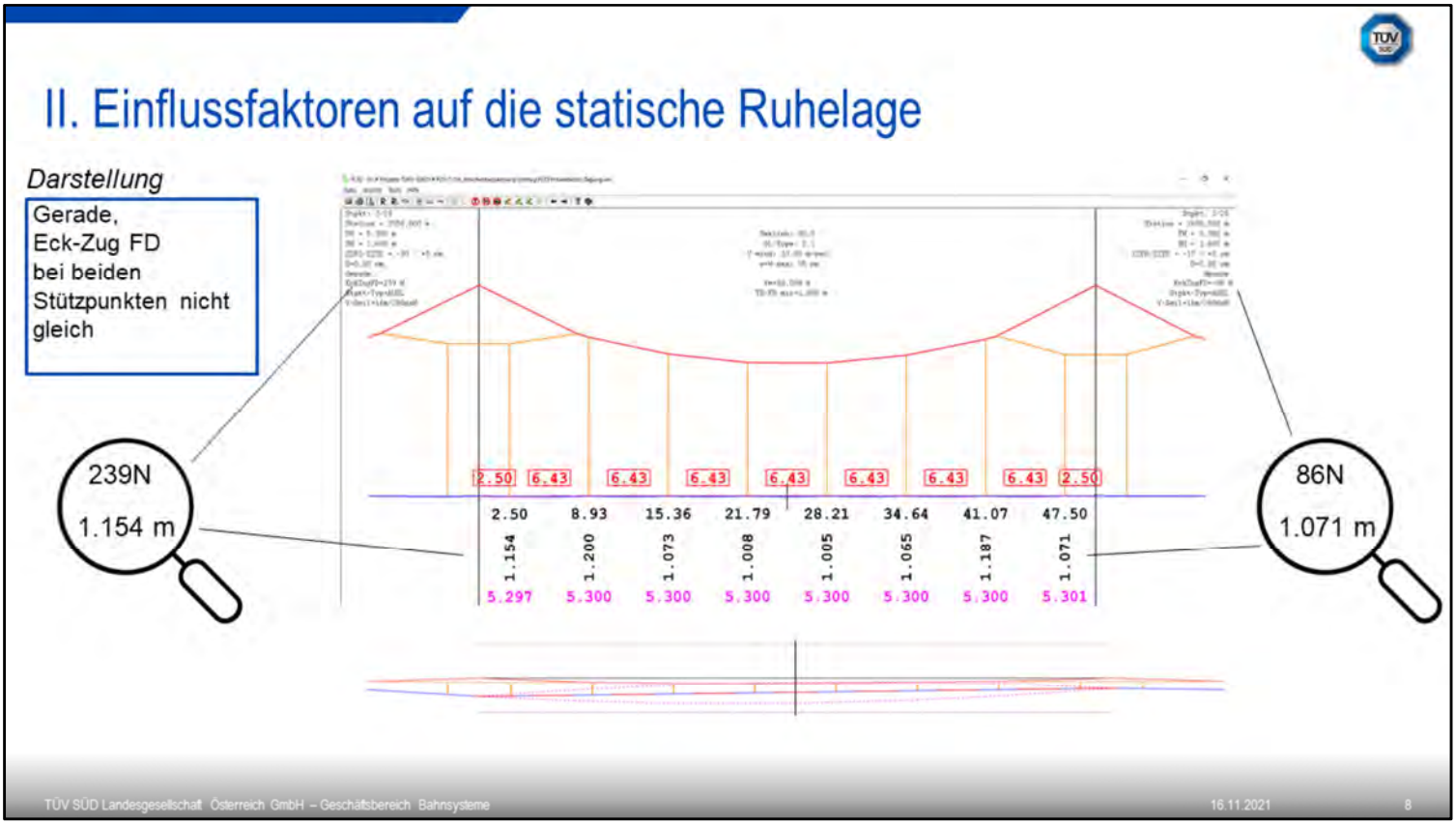
Bei den von außen einwirkenden Faktoren möchte ich nur auf die Gleislage eingehen.

Die Höheneinstellung der Oberleitung soll nicht auf Basis der aktuellen Gleislage erfolgen. Schon allein deshalb nicht, weil die Toleranzen der Gleis-Höhenlage bereits einen Großteil der Fahrdrahthöhentoleranz gemäß ED 21 beanspruchen würde. Es soll die bei den Vermessungsbolzen vorhandene Sollhöhe der Gleise verwendet werden.

Bei der tatsächlich vorhandenen Höhe der Gleise sind nur rasch wechselnde Unterschiede problematisch, was aber bei Hochgeschwindigkeitsstrecken kaum vorkommt. Kritische Situationen sind z.B. die Übergänge von Schotterbett auf Feste Fahrbahn oder vor und nach Brücken. Ein **langsamer Wechsel der Gleishöhe** - und somit der Fahrdrahthöhe über dem Gleis – spielt keine Rolle, weil das vom Stromabnehmer ausgeglichen werden kann.

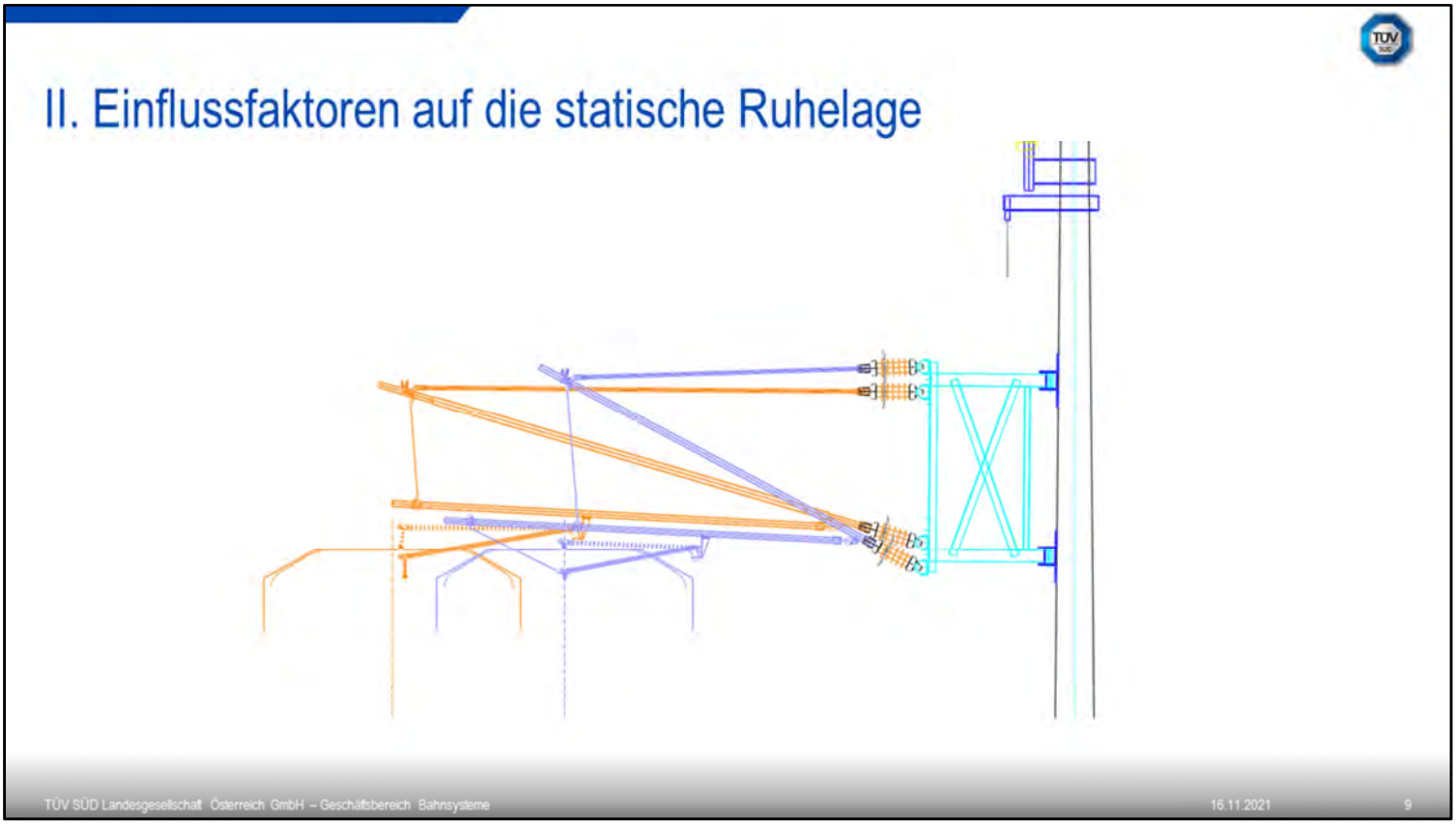


Hier ist ein Längsspannfeld einer geraden Strecke in Auf- und Grundriss dargestellt.
Ich möchte Ihre Aufmerksamkeit auf die hervorgehobenen Werte der Seitenzugkraft am Stützpunkt und auf die Abstände zwischen Fahrdraht und Y-Beiseil lenken.
Beide Stützpunkte haben hier die gleiche Eckzüge, nämliche 391 N und die Abstände betragen 1,198 m.



Hier ist auch eine gerade Strecke dargestellt. Die Seitenzugkräfte sind jedoch unterschiedlich: links 239 N, rechts 86 N.
Die Abstände zwischen Fahrdraht und Y-Seil sind nun deutlich unterschiedlich, nämlich 1.154 m und 1.071 m. Dieser Unterschied ergibt sich durch die unterschiedlichen Kräfte, mit denen die jeweiligen Seitenhalter auf den Fahrdraht einwirken.

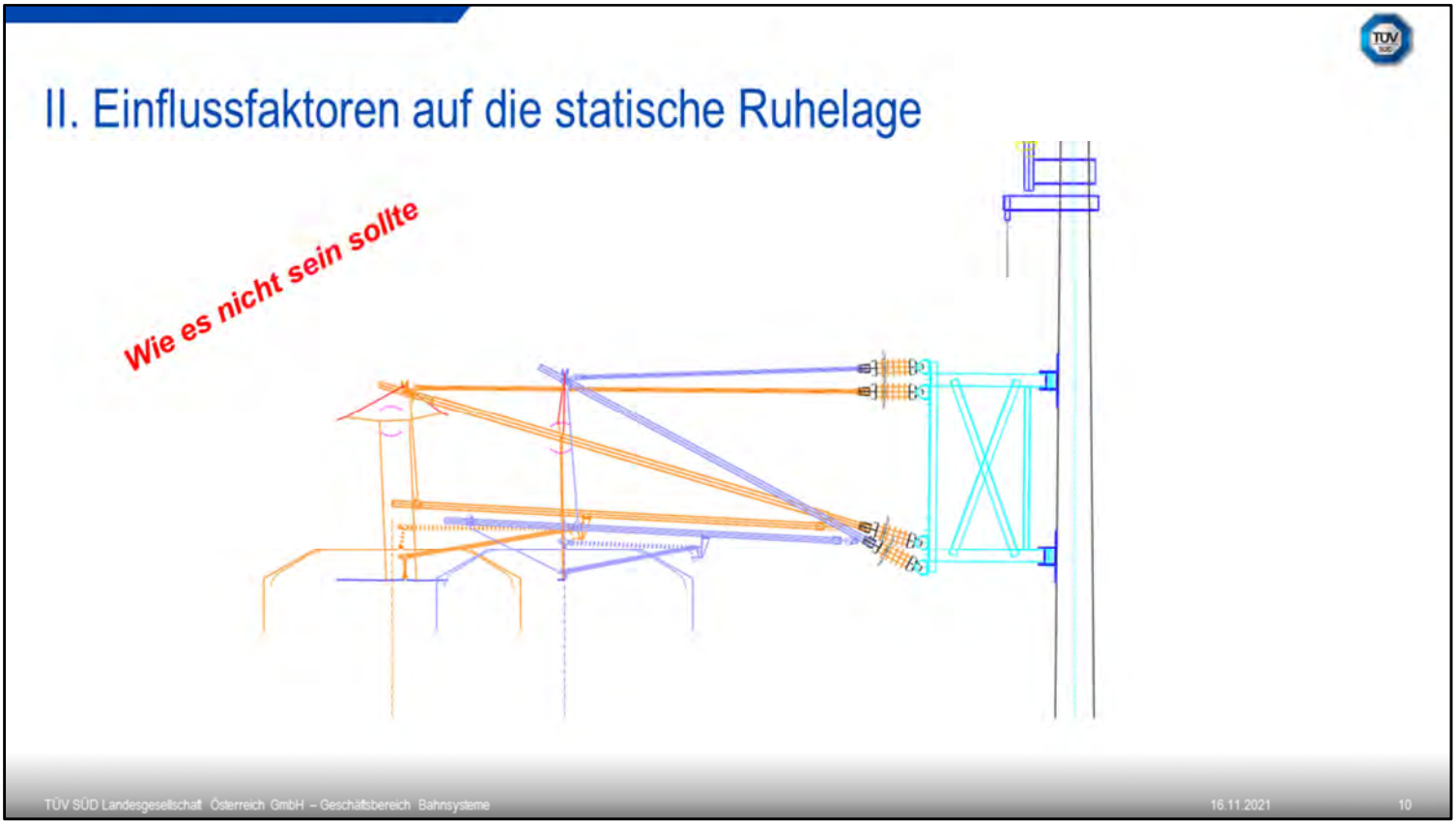
Dieser Unterschied von 83 mm wirkt sich unmittelbar auf die Höhenlage des Y-Beiseiles aus!



Bei den Weichen sind mehrere Drehausleger an einem Mast befestigt.

Der Abstand zwischen Längstragseil des kurzen Ausleger und dem Druckrohr (für unsere ausländischen Gäste: Spitzenrohr) des langen Auslegers ist hier als ausreichend.

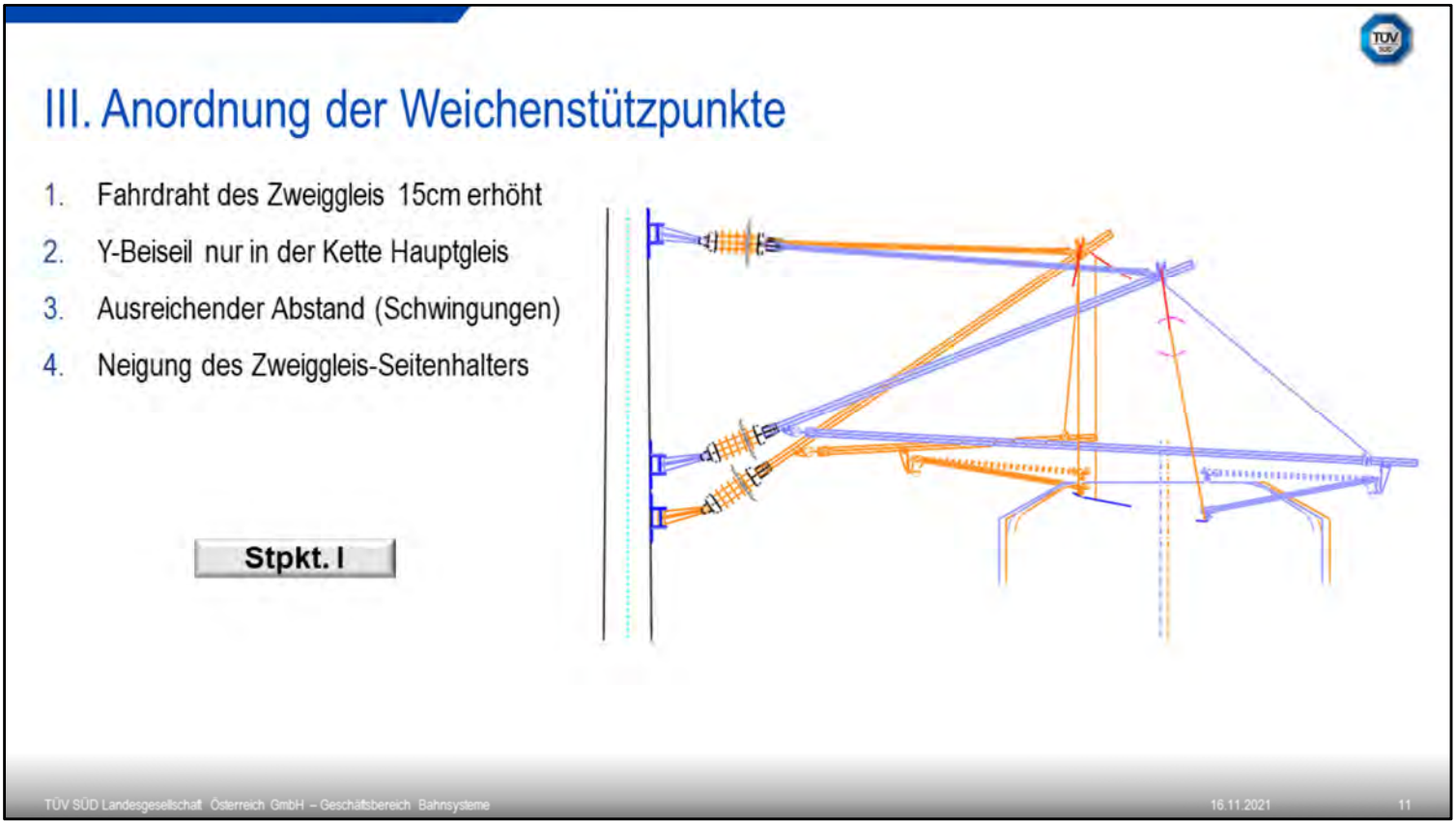
Wenn man auch die Längskette einblendet, passiert das:



Das Y-Beiseil des Hauptgleises kollidiert mit dem Strebenrohr (für unsere ausländischen Gäste: Diagonalrohr) des Zweiggleisauslegers.

Wenn z.B. wegen mangelhafter Projektierungstools die Fahrleitungskette beim Design der Drehausleger nicht berücksichtigt wurde, wird dieser Konflikt zwischen Ausleger und Y-Beiseil erst bei der Montage ersichtlich. Sanierungsmaßnahmen sind sehr aufwendig und in der Regel auch nicht zielführend!

Beispiele sind fehlerhaft montierte Seitenhalter bis hin zum Weglassen von Y-Beiseilen beim Ausleger des Hauptgleises.



Nun zu den Weichenstützpunkten:

Beim Stützpunkt I ist die Fahrdrahthöhe des Zweiggleises gegenüber der des Hauptgleises um 15 cm höher. Der Ausleger wird mit Seitenhalter ausgeführt, um die vorlaufende Welle wenig zu reflektieren.

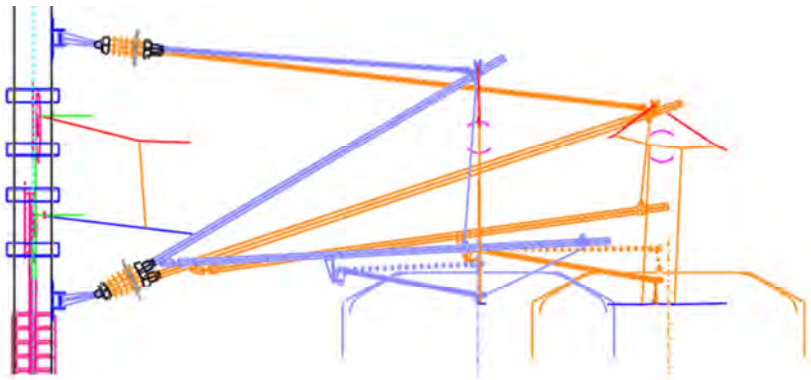
Das Tragseil des kürzeren Auslegers wird grundsätzlich über dem Druckrohr des längeren Auslegers geführt. Auf ausreichenden Abstand zwischen Tragseil und Druckrohr ist zu achten.

Die Neigung des Zweiggleis-Seitenhalters muss entsprechend dem erforderlichen Höhenverlauf des Fahrdrahtes eingestellt werden.

III. Anordnung der Weichenstützpunkte

1. Zweiggleis hoher Seitenhalterkopf, langer Seitenhalter
2. Ev. Systemhöhe des Hauptgleises erhöhen
3. Beide Ketten mit Y-Beiseil
4. Abstand zw. Längstragseil und Druckrohr

Stpkt. II



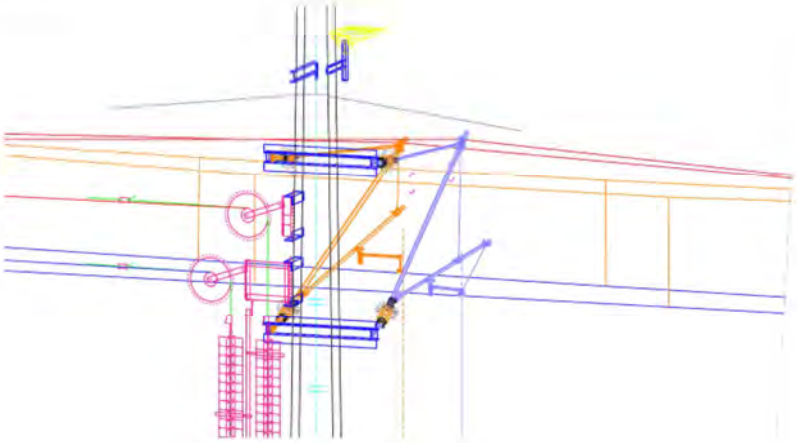
Beim Stützpunkt II ragt ein Seitenhalter über den Anhubfreiraum des anderen Gleises. Er wird mit hohem Seitenhalterkopf und größerer Länge ausgeführt, um den Anhubfreiraum nicht einzuschränken.

In beiden Kettenwerken sind Y-Beiseile einzubauen. Bei der Wahl der Systemhöhen ist auf einen ausreichenden Abstand zwischen Y-Beiseil des kürzeren Auslegers und dem Strebenrohr des längeren Auslegers zu achten.

Wenn im nächsten Längsspannfeld ein Trenner eingebaut wird, ist auf die Einhaltung der Mindesthängerlänge zu achten. Auch hier ist es erforderlich, beim Design der Stützpunkte bereits das Kettenwerk genau zu berücksichtigen.

III. Anordnung der Weichenstützpunkte

1. Zweiggleis hoher Seitenhalterkopf, langer Seitenhalter
2. Ev. Systemhöhe des Hauptgleises erhöhen
3. Beide Ketten mit Y-Beiseil
4. Abstand zw. Längstragseil und Druckrohr



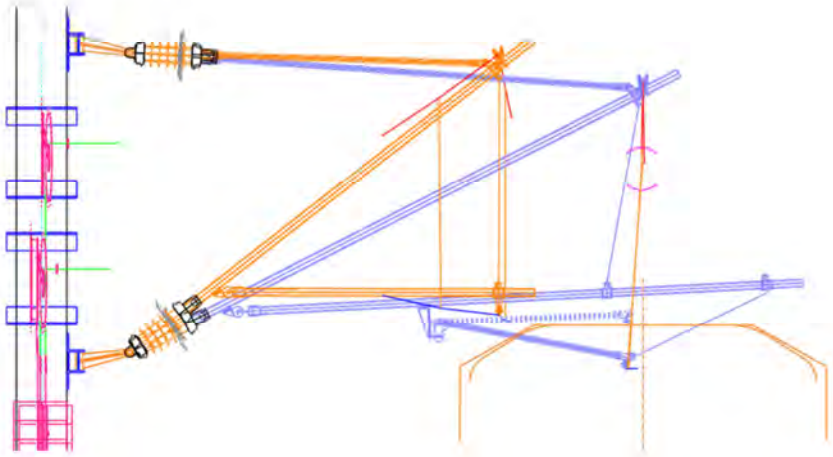
Stpkt. II

Rotation 3D.

III. Anordnung der Weichenstützpunkte

1. Fahrdraht bei Abzweiggleis mind. 25cm erhöht
2. Y-Beiseil nur im Hauptgleis
3. Tragseillage des Zweiggleises beachten

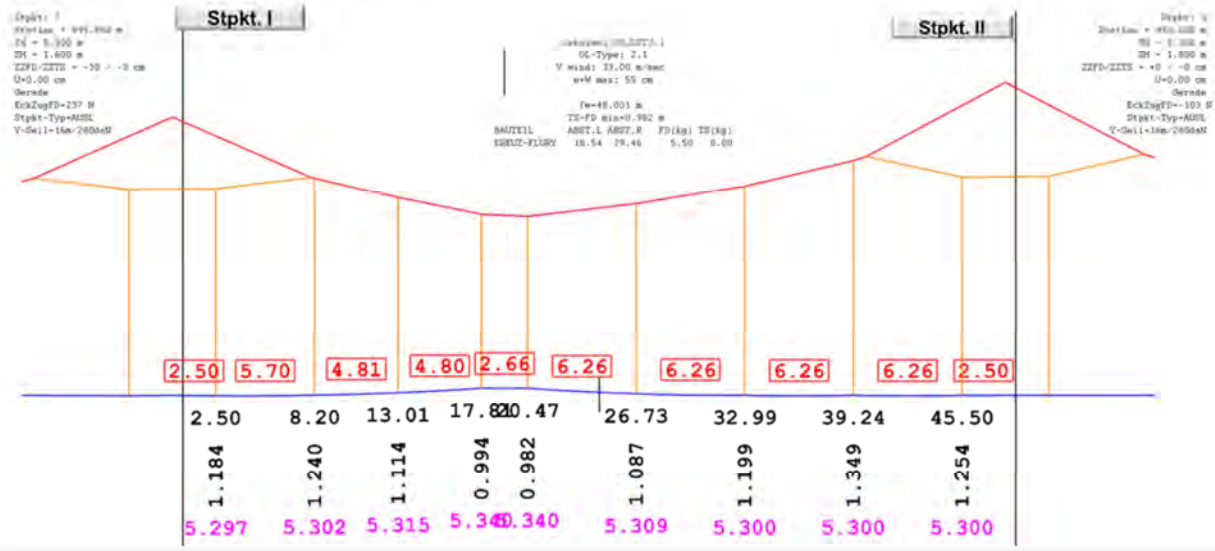
Stpkt. III



Beim Stützpunkt **III** muss der Fahrdraht des Abzweiggleises mindesten 25 cm über der Nennfahrdrahthöhe liegen. Dabei darf der Bewegungsbereich vom Seitenhalters des Hauptgleises nicht eingeschränkt werden.

IV. Fahrdraht Höhenverlauf Kreuzungsfeld

- Kreuzungsfeld (Mast I-II), Hauptgleis



Jetzt betrachten wir das Längsspannfeld des Hauptgleises.

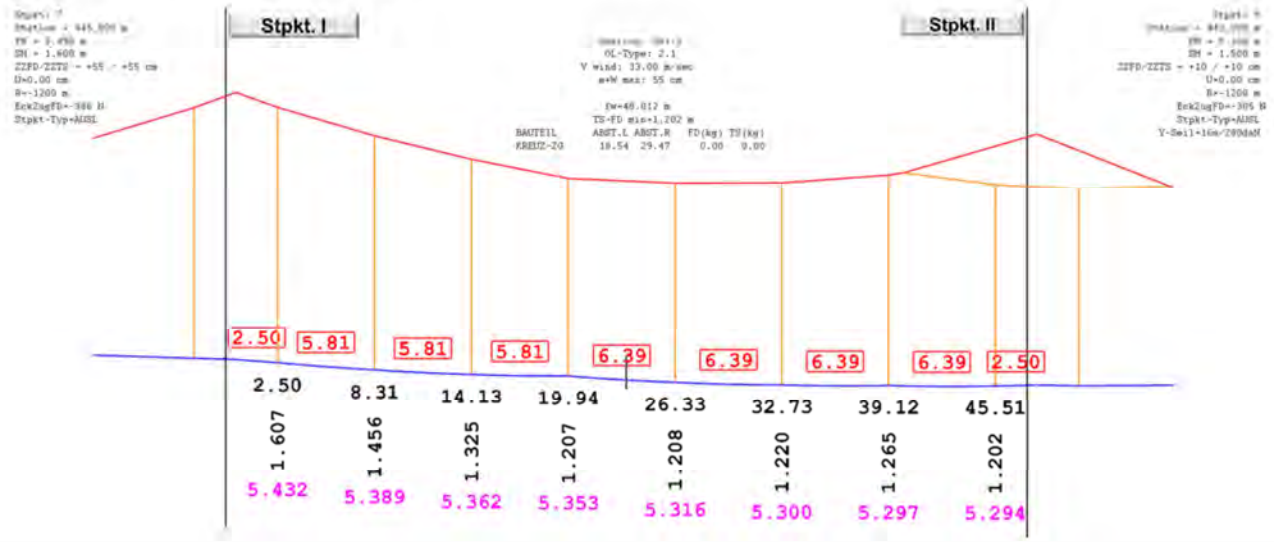
Die Nennfahrdrahthöhe am Stützpunkt, also der rechtwinklig zum Gleis gemessener Abstand zwischen Schienenoberkante und Unterseite des Fahrdrahtes beträgt 5,30 m. Das ist die statische Ruhelage unter normalen Bedingungen.

Die statische Ruhelage des Fahrdrahtes im Längsspannfeld soll so ausgeführt sein, dass er durch den bewegten Stromabnehmer auf die gleiche Höhe wie bei homogenen Feldern angehoben wird.

Der Wert von 4 cm basiert auf die Dynamischen Simulationen der homogenen Felder.

IV. Fahrdraht Höhenverlauf Kreuzungsfeld

- Kreuzungsfeld (Mast I-II), Abzweiggleis



Jetzt betrachten wir das Längsspannfeld des Zweiggleises.

Der Fahrdraht wird, ausgehend vom Stützpunkt II, hochgezogen, dass er beim letzten Hänger vor dem Kreuzungspunkt oberhalb des Fahrdrahtes des Hauptgleises liegt.

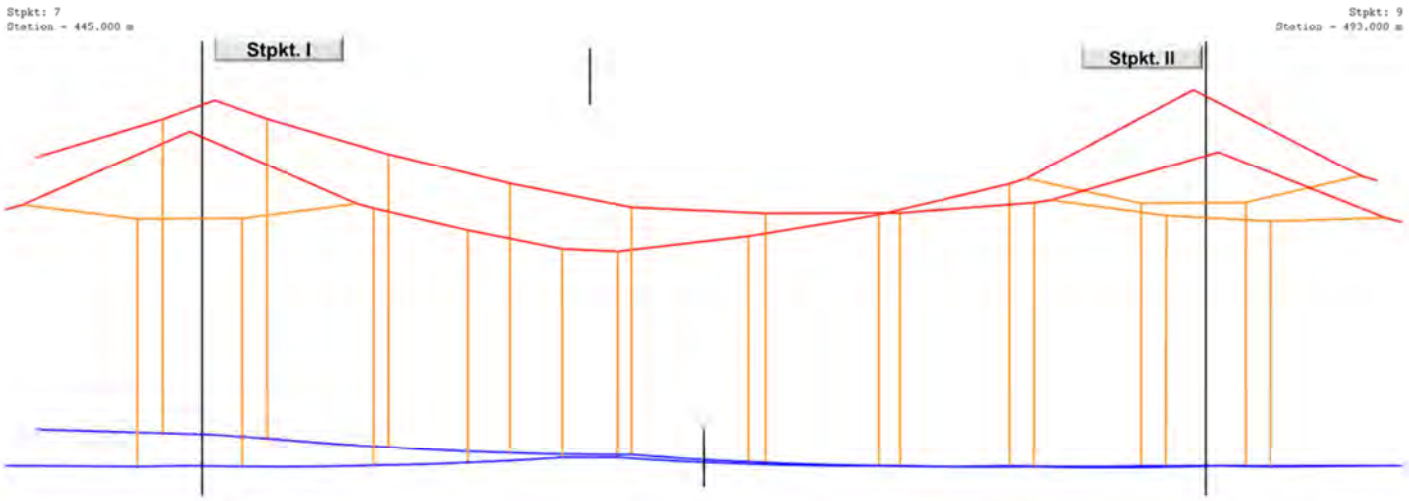
Von diesem Punkt weg steigt er bis zum Stützpunkt I auf eine Höhe von 15 cm über die Nennfahrdrahthöhe an.

Bei der Ausbildung aller Parabelverläufe wird zur mechanischen Kopplung ein Restgewicht am Hänger berücksichtigt.

Es muss genug Abstand zwischen Beginn der Parabel beim befahrenen Stützpunkt II und dem Kreuzungspunkt sein, damit die erforderliche Höhenlage erreicht werden kann. Andernfalls wird der Stützpunkt II ausgehoben.

IV. Fahrdraht Höhenverlauf Kreuzungsfeld

- Kreuzungsfeld (Mast I-II), Gesamtansicht



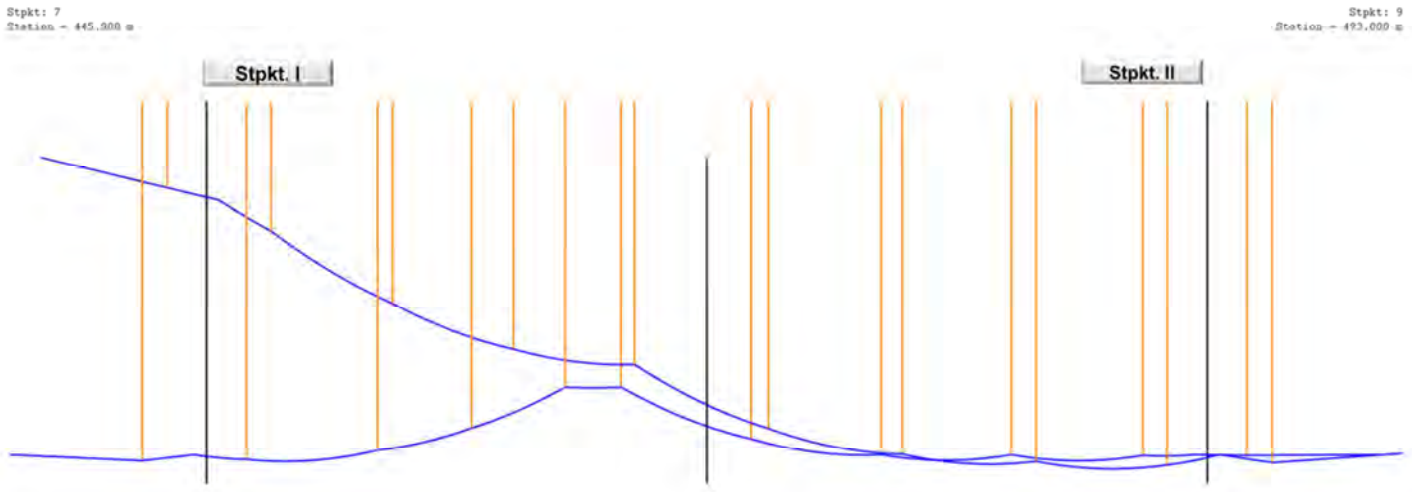
Hier die Gesamtansicht der beiden Kettenwerke.

Es kreuzen sich auch die Längstragseile. Auf einen ausreichenden Abstand zwischen den beiden Seilen ist zu achten.

Zwischen Stützpunkt I und Fahrdrahtkreuzung sind Wechselhänger gemäß ED 68 einzubauen.

IV. Fahrdraht Höhenverlauf Kreuzungsfeld

- Kreuzungsfeld (Mast I-II), Gesamtansicht, Detailverlauf der Fahrdrähte



Hier eine Darstellung der detaillierte Höhenverlauf der Fahrdrähte, bei der der Höhenverlauf noch stärker verdeutlicht ist.

Der Abstand zwischen Nennfahrdrahthöhe und Fahrdrahthöhe bei der Kreuzung beträgt 4 cm, der Abstand zwischen den beiden Fahrdrähten bei der Kreuzung beträgt 1,5 cm.

Messfahrt der Ruhelage des Stromabnehmers

- Stromabnehmer in geometrischer Größe

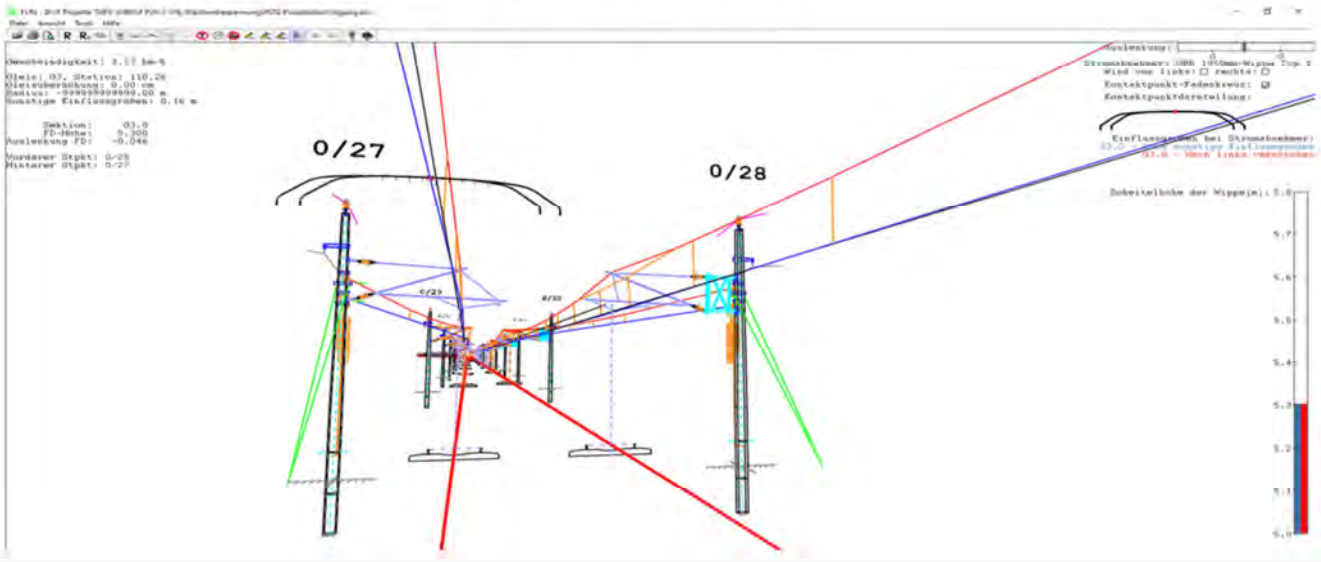
An dieser Teststrecke, bestehend aus Überleitstelle und offener Strecke mit Geraden, Übergangsbögen und Gleisradien wird eine Messfahrt dargestellt. Der Stromabnehmer gleitet an der Unterkante des Fahrdrahtes.

Der dargestellte Stromabnehmer hat die bei den ÖBB übliche Breite von 1950 mm.

Infolge der sich durch die EN 15273 bzw. EN 50367 errechneten seitlichen Bewegungen des Stromabnehmers ergibt sich bei nach links ausgewanktem Stromabnehmer die …

Messfahrt der Ruhelage des Stromabnehmers

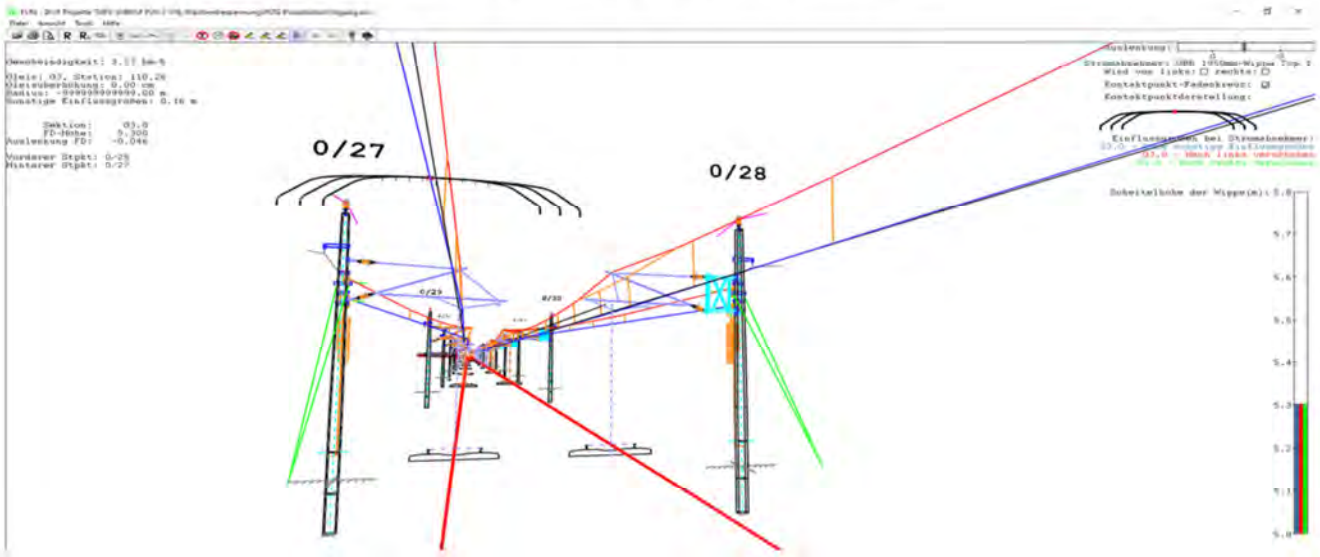
- Stromabnehmer in geometrischer Größe und nach links verschoben



… **jetzt** hinzugefügte Lage, bei nach rechts ausgewanktem Stromabnehmer die …

Messfahrt der Ruhelage des Stromabnehmers

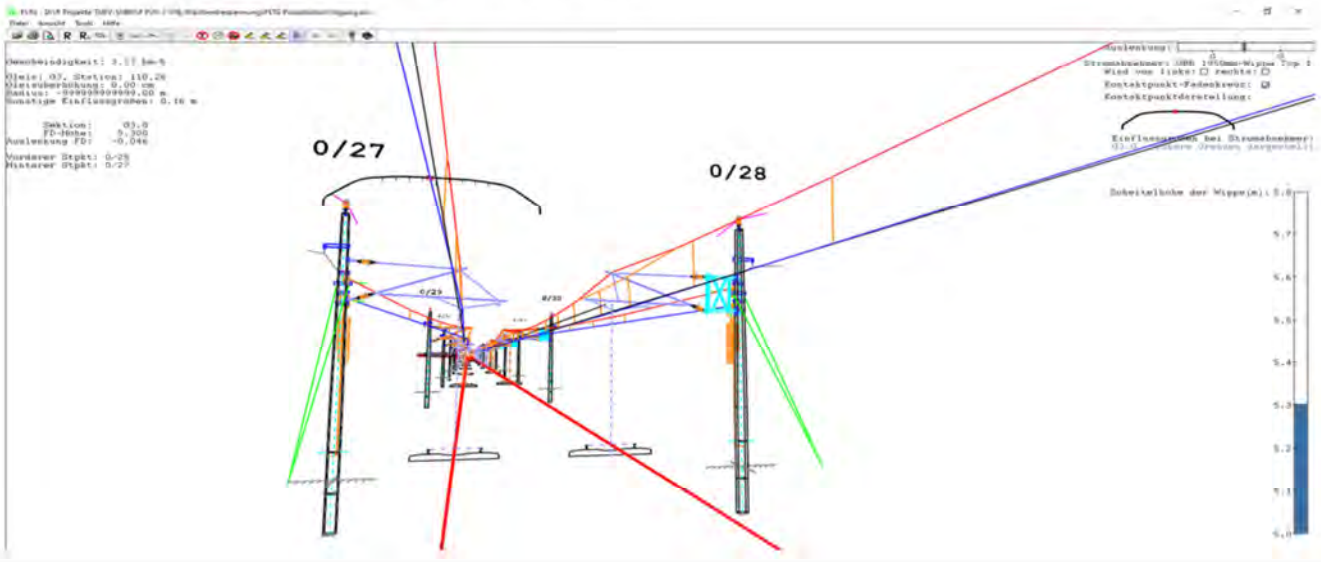
- Stromabnehmer in geometrischer Größe und nach links und rechts verschoben



… **jetzt** hinzugefügte Lage. Der …

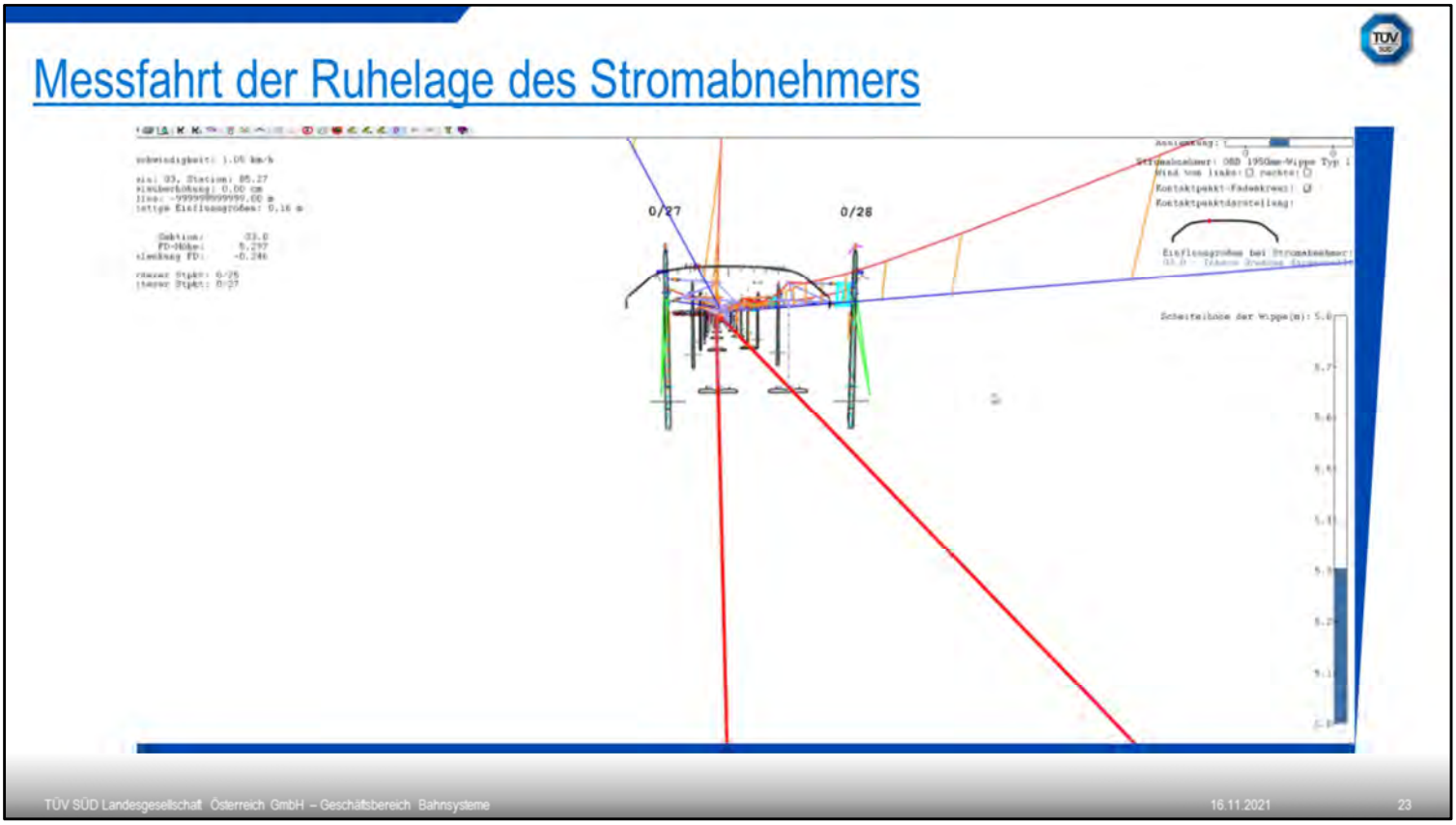
Messfahrt der Ruhelage des Stromabnehmers

- Verbleibende Stromabnehmerbreite gemäß ED 50 367



… **innere** Teil dieser Profile steht für die Nutzung zur Verfügung. Dieses Profil wird nun für die Befahrung verwendet.

Fahrt starten



Das rote x am Stromabnehmer symbolisiert den Kontaktpunkt des befahrenen Fahrdrahtes mit der Schleifleiste.

Der senkrechte Balken am rechten Rand des Bildes zeigt die Scheitelhöhe der Wippe.

Vor- und nach den Stützpunkten ist in den meisten Fällen eine leichte Änderung der Höhe erkennbar. Diese Höhenänderungen werden Großteils durch den Einfluss des Seitenhalters auf den Fahrdraht hervorgerufen. Bei geringen Seitenzugkräften drückt der Seitenhalter auf den Fahrdraht und somit muss an den beiden benachbarten Hängern der Fahrdraht erhöht ausgeführt werden. Bei großen Seitenzugkräften trägt der Seitenhalter mehr als die entsprechend der Hängeranordnung anteiligen Masse, wodurch bei diesen Hängern der Fahrdraht etwas heruntergelassen werden muss.

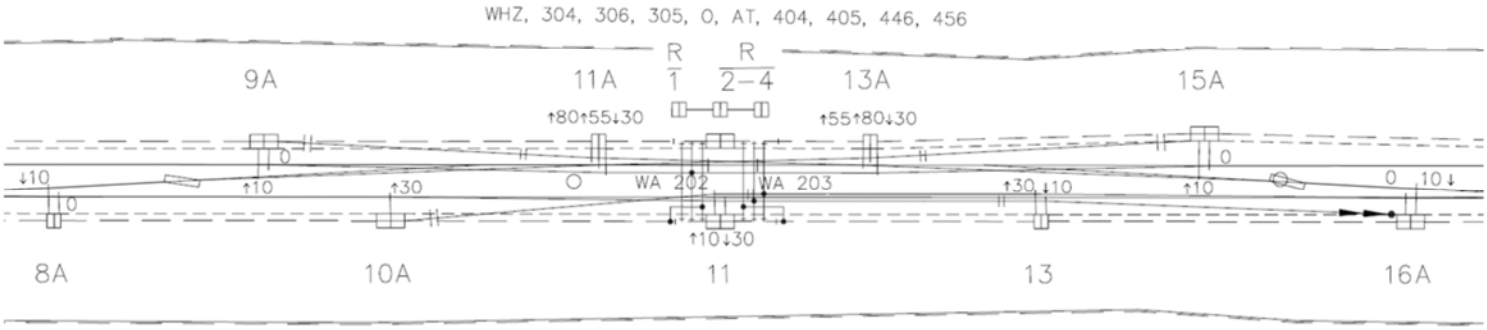
Auch die Krümmung der Schleifleiste beeinflusst diese Höhen.

Bei Weichen ist die Erhöhung des Fahrdrahtes am Kreuzungspunkt deutlich erkennbar. Ebenso ist bei den Parallelfeldern von Sektionswechsel und Lufttrennungen das „Dacherl“ und bei Trenner die erhöhte Einbaulage zu erkennen.

V. Aufeinanderfolge von Weichen

Beispiel anhand der Überleitstelle Rohr 3

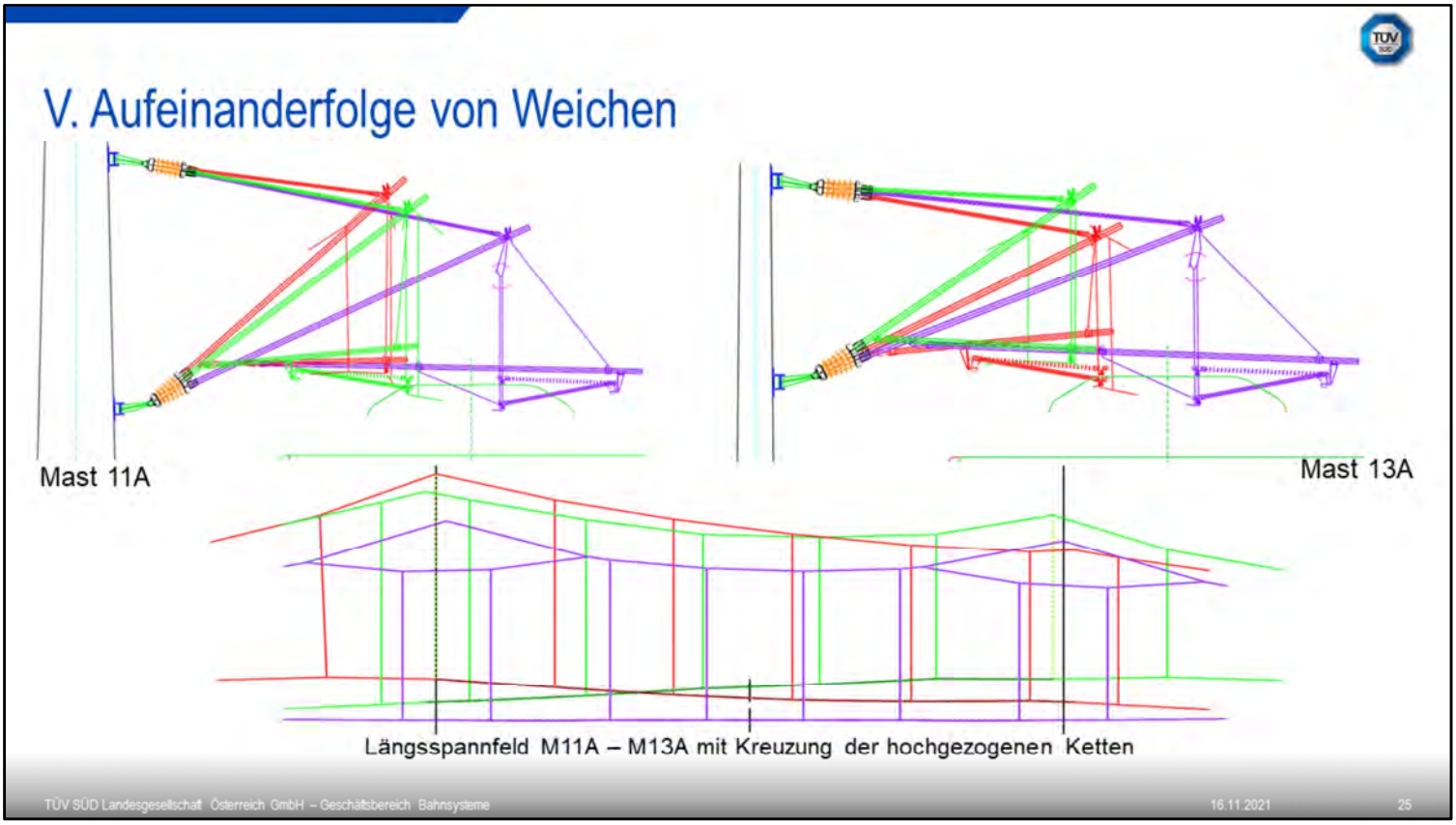
- Geringer Abstand zwischen WA 202 und WA 203 (7 m)
- Zwei Maste mit 3 Ausleger für die Weichenstützpunkte I und III



Hier ein Beispiel aus der Praxis: Überleitstelle Rohr 3.

Der Abstand zwischen WA 202 und WA 203 beträgt nur 7 m. Dadurch ergeben sich kurze Längsspannweiten:

- Einseitige Auslenkungen, dadurch sehr geringe Eckzüge
- Zusammenfallen von Stützpunkt I und III bei Mast 11A und 13A
- Extrem kurze Längsspannweiten
- Singuläre Stellen in kurzen Abständen. Das System Kette / Stromabnehmer hat sich wegen der kurzen Wegstrecke seit der letzten singulären Stelle noch nicht stabilisiert und wir schon wieder gestört.
- Bei der am Nachbargleis angeordneten Lufttrennung ist der Abstand zwischen Parallelfeld und Weiche gering, daher kann sich die vorlaufende Welle noch nicht ausbilden. Kraftspitzen sind die Folge.



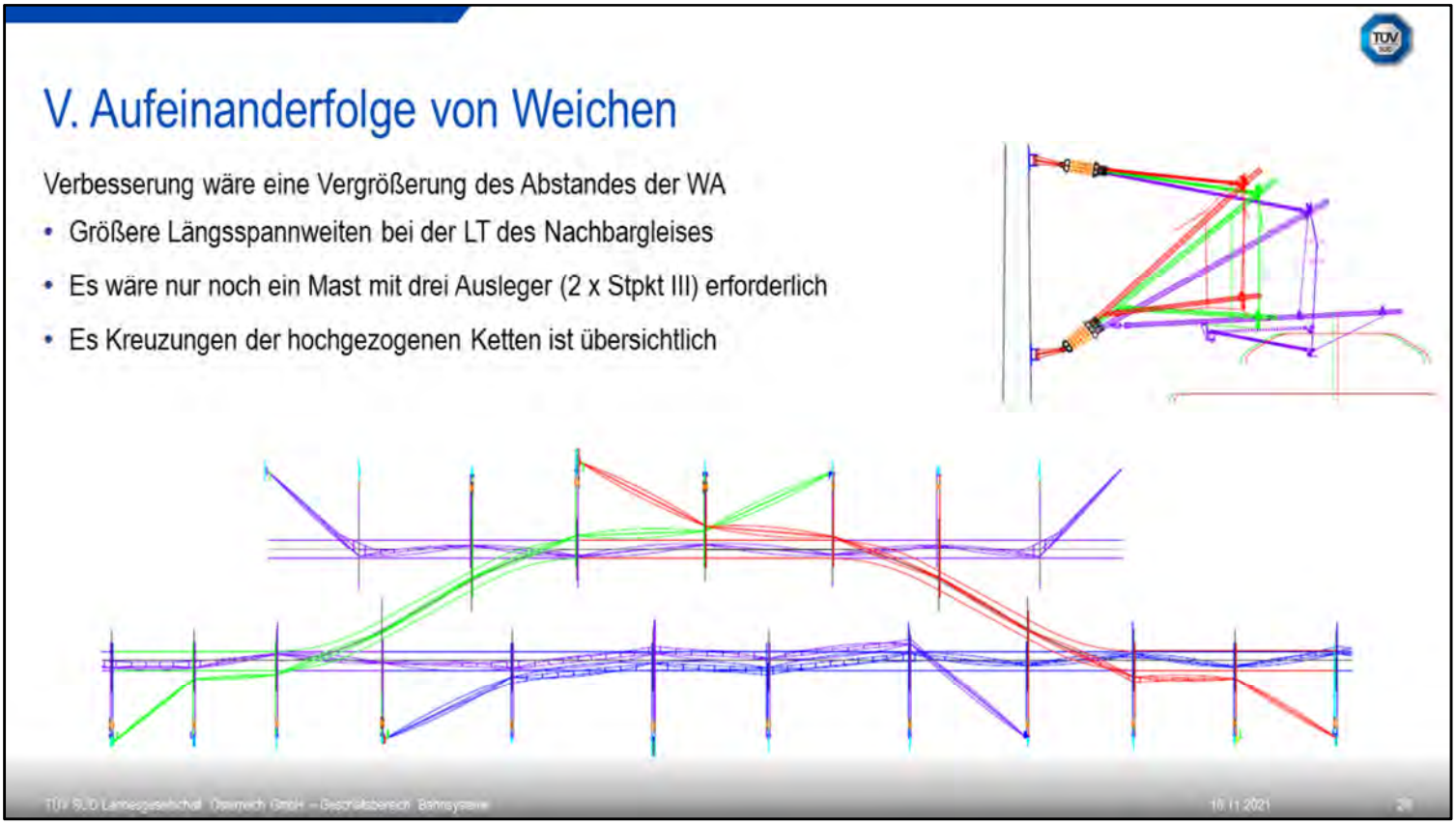
Hier sehen sie den Bereich zwischen Mast 11A und 13A.

Die Maste sind mit drei Ausleger bestückt und die Kettenwerke der abgehenden Ketten kreuzen sich.

Der sehr präzise auszuführende Stützpunkt I muss kombiniert mit dem Stützpunkt III der anderen Weichenverbindung am Mast angeordnet werden.

Nicht ganz einfach bei Errichtung und Erhaltung, an Störungen möchte ich gar nicht denken.

So kurze Längsspannweiten sind außerdem nicht wirtschaftlich.



Abhilfe ist eine Vergrößerung des Abstandes, um sinnvollere Werte von Längsspannweiten und Auslenkungen vorsehen zu können und somit die Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit zu erhöhen. Überleitstelle Rohr 6 wurde so ausgeführt.

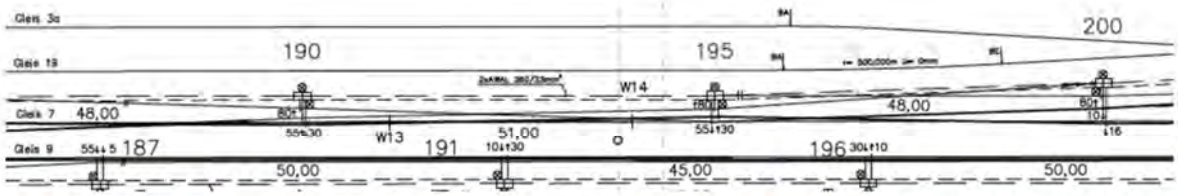
Es ist auch hier ein Mast mit 3 Ausleger erforderlich, allerdings nur mit Weichenstützpunkten III. Bei diesen können Fahrdrahthöhe und Auslenkungen leicht an die Erfordernisse für Auslegergeometrie und kreuzende Ketten angepasst werden.

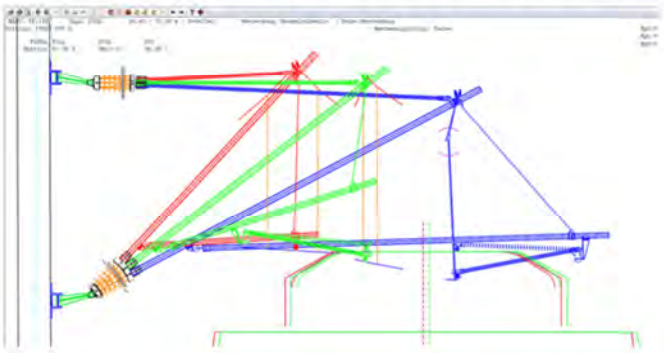
Noch besser wäre, wenn der Weichenabstand um weitere 2 Längsspannfelder auseinandergeschoben würde… was wohl nicht so schnell erfüllt wird.

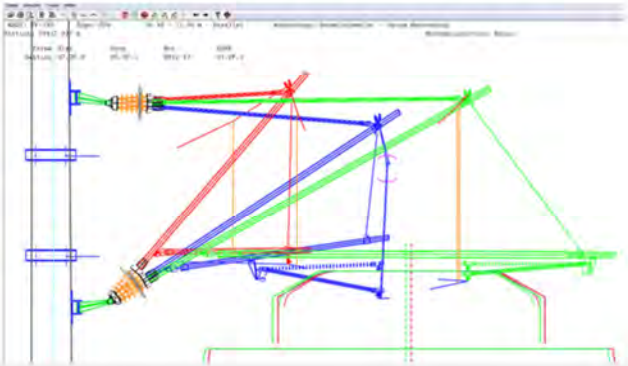
Hoffentlich wird das nicht auf Basis der Störungsstatistik umgesetzt.

V. Aufeinanderfolge von Weichen

Eine Steigerung dessen wäre: Weiche nach links folgt unmittelbar auf Weiche von rechts





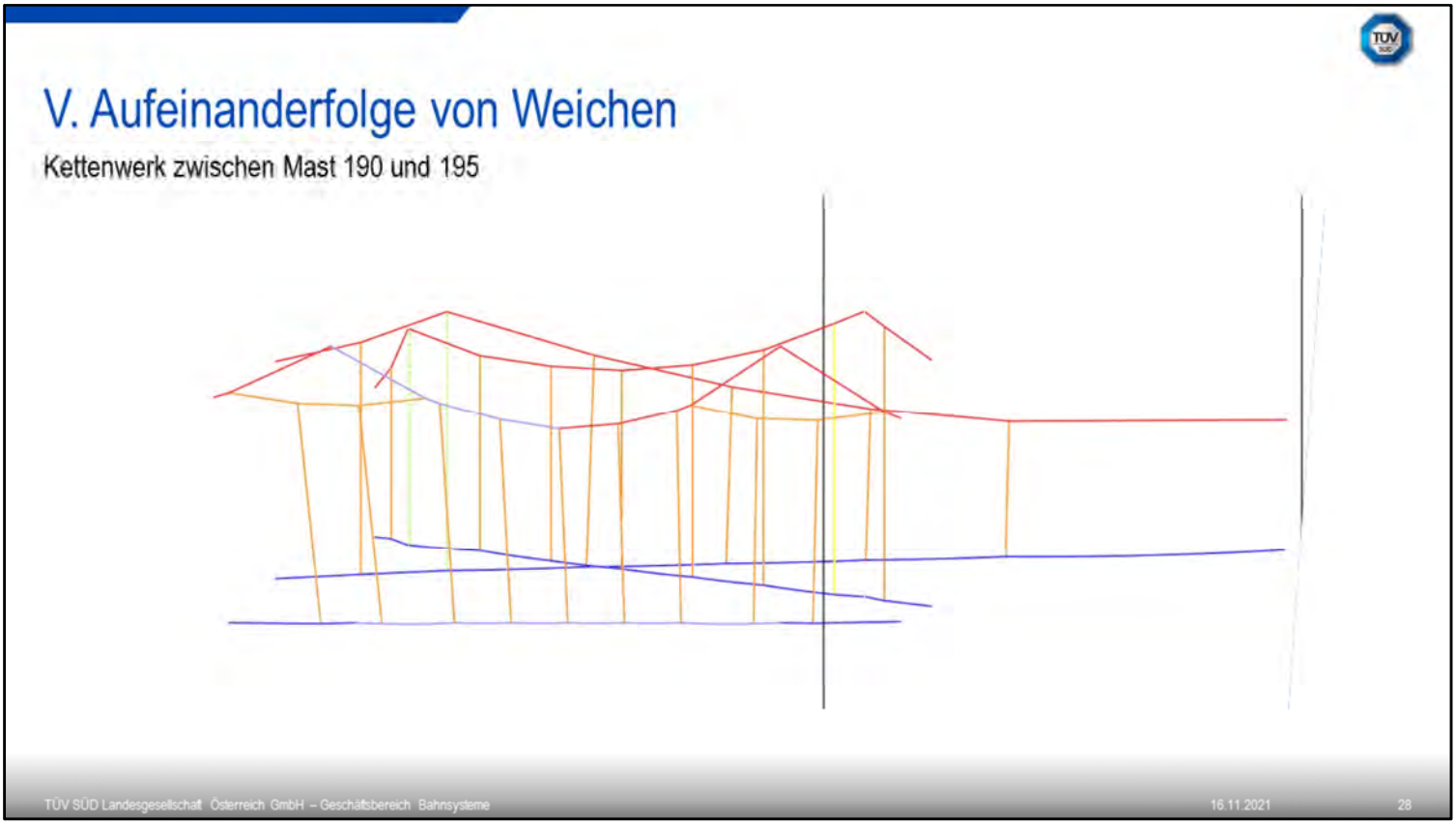


Und hier noch eine Steigerung der Komplexität.

Bei dieser Gleisanordnung sind wiederum Maste mit 3 Ausleger erforderlich, bei denen die Stützpunktarten I und III kombiniert sind.

Die Lage des Y-Beiseiles ist auch hier exakt zu bestimmen, um den Bewegungsfreiraum einzuhalten.

Um bei den Kreuzungen der Längstragseile ausreichende Abstände zu erreichen, sind die Systemhöhen an den Auslegern anzupassen. Das sollte bei den Stützpunkten mit den hochgezogenen Fahrdrähten gemacht werden und NICHT beim Hauptgleis.



Bei dieser Gleisanordnung kreuzen sich 3 Oberleitungsketten in einem beengten Raum. Die Kettenwerke sind auf die sich dabei ergebenden Annäherungen der Fahrdrähte und der Längstragseile zu prüfen.

Mit dem Fahrleitungs-Projektierungsprogramm FLTG kann dies aus allen Richtungen betrachtet werden.
Darüber hinaus können alle Grafikdaten exportiert und mit CAD-Programmen weiterbearbeitet werden.

VI. Zusammenfassung 1

1. Weichen sind singuläre Stellen im Zusammenspiel zwischen Oberleitung und Stromabnehmer
2. Stromabnehmer haben einen eingeschränkten Bereich, um hochfrequente Höhenunterschiede auszufedern
3. **Die Statische Ruhelage des Fahrdrahtes soll eine konstante Höhe des angehobenen Fahrdrahtes vorbereiten**
4. Abspannkräfte, Massen und Gleisgeometrie müssen exakt berücksichtigt werden
5. Nennfahrdrahthöhe soll von der Soll-Lage des Gleises abgeleitet werden (nicht von der Ist-Lage)

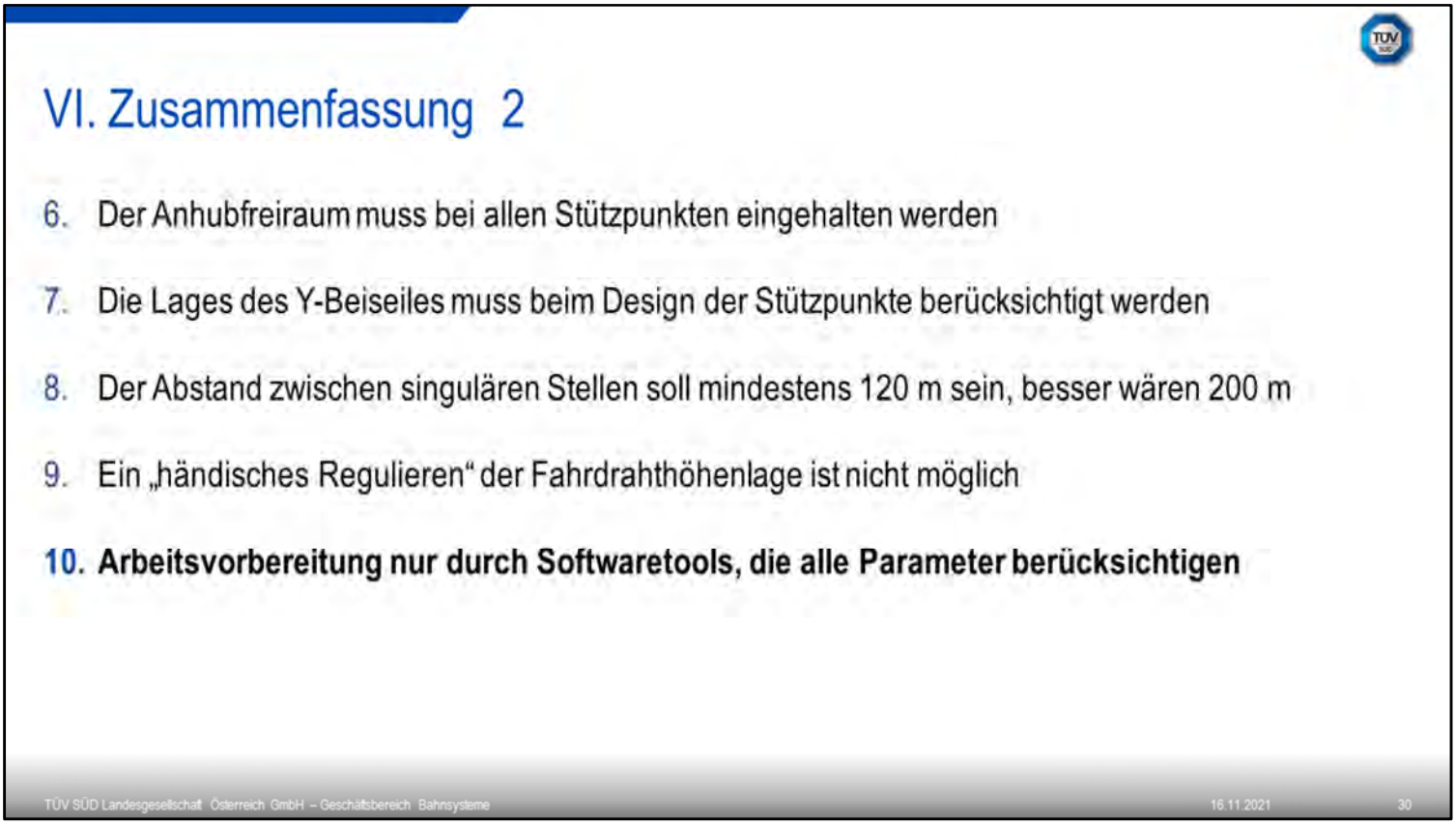
1. Weichen sind singuläre Stellen im Zusammenspiel zwischen Oberleitung und Stromabnehmer und müssen bei der Arbeitsvorbereitung exakt geplant werden.

2. Die Stromabnehmer können nur geringe Höhenunterschiede ausfedern, ohne dass der Oberarm bewegt werden muss.

3. Die statische Ruhelage des Fahrdrahtes soll so ausgeführt werden, dass die Wippe des angehobenen Stromabnehmers, bezogen auf die senkrechte zur Schienenkopfberührenden, möglichst in konstanter Höhe bleiben kann.

4. Wegen der Toleranzen der Bauteile müssen die tatsächlichen Massen beachtet werden. Das gilt vor allem für Abspanngewicht, Fahrdraht und Längstragseil.
   Bei Gleisbögen mit Gleisüberhöhungen ist die Änderung der absoluten Höhe des Fahrdrahtes zu berücksichtigen.

5. Die zum Zeitpunkt der Ausfertigung des Kettenwerkes vorhandene Gleislage sollte nicht als Bezugsmaß verwendet werden. Die Positionierung des Fahrdrahtes an den Stützpunkten sollte aus den Vermessungsdaten abgeleitet werden.



6. Der Anhubfreiraum muss bei allen Stützpunkten eingehalten werden. Der über das andere Gleis greifende Seitenhalter erfordert besondere Aufmerksamkeit.

7. Beim design des Stützpunktes müssen immer auch die Kettenwerke betrachtet werden. Bauteilkollisionen und die daraus folgenden Sanierungsmaßnahmen sind dadurch vermieden.

8. Der Abstand zwischen singulären Stellen sollte mindestens 120 m betragen. Ein Abstand von mindestens 200 m wäre noch besser. Selbstverständlich müssen auch die homogenen Bereiche der Kette fehlerfrei ausgeführt werden, um die Beruhigung des Stromabnehmers zu erreichen.

9. Ein „händisches regulieren“ der Fahrdrahthöhenlage ist nicht möglich.

10. **Bei der Arbeitsvorbereitung müssen Softwaretools verwendet werden, die alle Parameter berücksichtigen.**

Vielen Dank!

Vortragender:

TÜV SÜD Landesgesellschaft Österreich GmbH – Bahnsysteme

Ing. Gerhard Hofbauer
Senior Experte

Kontaktdaten für Anfragen:

TÜV SÜD Landesgesellschaft Österreich GmbH – Bahnsysteme

Ing. Thomas Kornhofer
Geschäftsbereichsleiter Bahnsysteme

+43 660 11 98 742
thomas.kornhofer@tuvsud.com
www.tuvsud.com/de-at

*Alle Fahrleitungsgrafiken und Simulationen wurden mit der Software **FLTG** erstellt.*

railES

www.railes.at