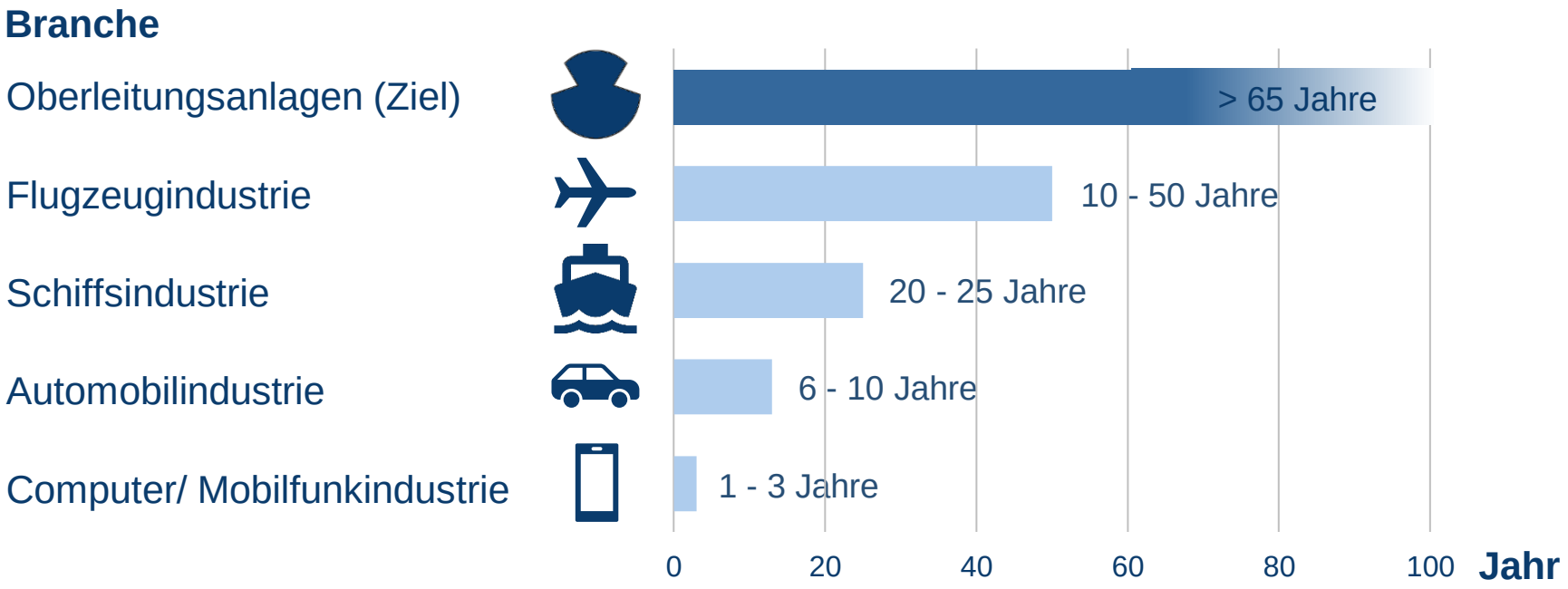
ÖSTERREICHISCHE
VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE
GESELLSCHAFT

Fahrdrahtverschleiß auf Hochgeschwindigkeitsstrecken

Rainer Puschmann, Gert Hackeneis, Christoph Kaschky

Technische Nutzungsdauer von Oberleitungsanlagen
im Branchenvergleich



Quelle: modifiziert nach Schenk (2010) Instandhaltung technischer Systeme, Springer, Heidelberg

Kupferpreisentwicklung

Preis- und Wertsteigerung auf dem Weltmarkt

Technische Nutzungsdauer des Fahrdrahts auf über 100 Jahre erhöhen um Kosten und Ressourcen einzusparen.

Quelle: https://www.finanzen.net/rohstoffe/kupferpreis/chart/euro; Stand 04.11.2021

Einflussfaktoren auf den Fahrdrahtverschleiß

Betriebsbedingungen

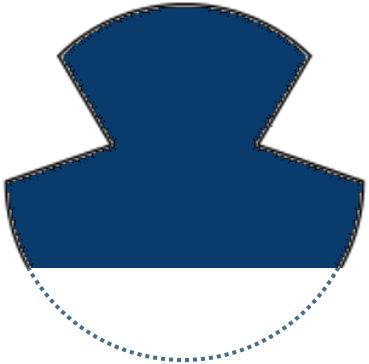
- Anzahl, Abstand, Position der Stromabnehmer am Zug
- Befahrungsgeschwindigkeit und Fahrdrahttemperatur
- Stromdichte am Kontaktpunkt
- Flächenpressung
- Paarung zwischen Fahrdraht / Schleifstück

Oberleitungseigenschaften

- Konstruktion
- Planung
- Errichtung
- Instandhaltung

Stromabnehmer

- Stromabnehmertyp mit Schleifstückeigenschaften

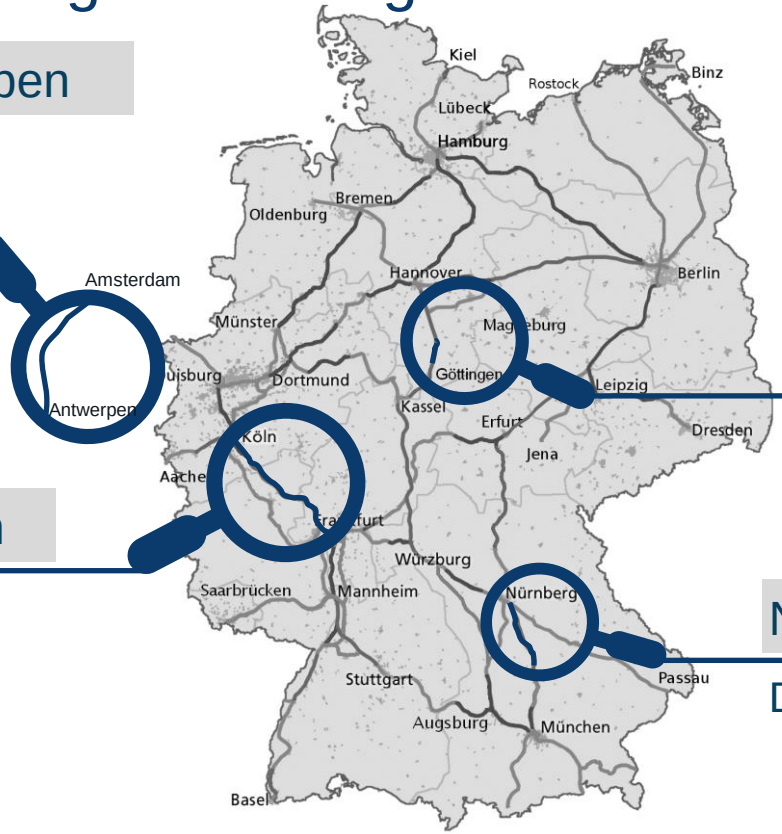


Untersuchte Hochgeschwindigkeitsstrecken

Amsterdam – Antwerpen

bis zur belgisch-holländischen Grenze

Siemens Sicat-H



Würzburg – Hannover

Abschnitt Göttingen - Hannover

DB Re330

Köln – Rhein/Main

Siemens Sicat-H

Nürnberg – Ingolstadt

DB Re330

Bildquelle: modifiziert nach https://de.wikipedia.org/wiki/Deutsche_Eisenbahn-Neubaustrecken

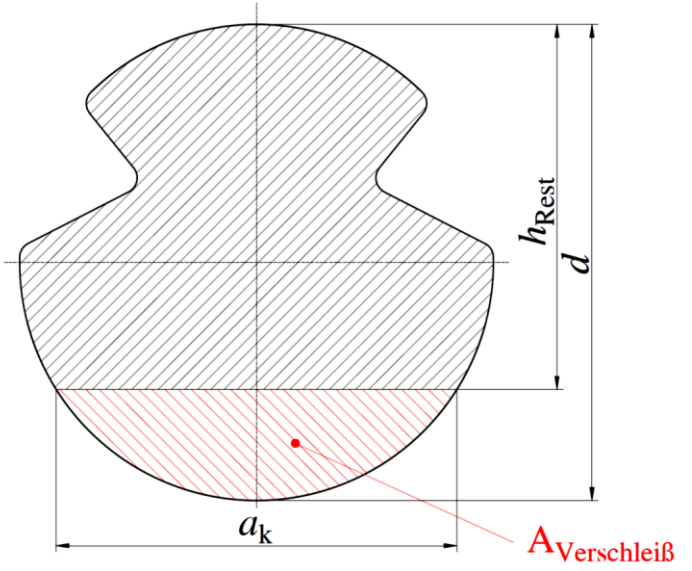
Steckbrief der Oberleitungsbauarten
auf den untersuchten Hochgeschwindigkeitsstrecken

DB Re330 oder Siemens Sicat-H mit

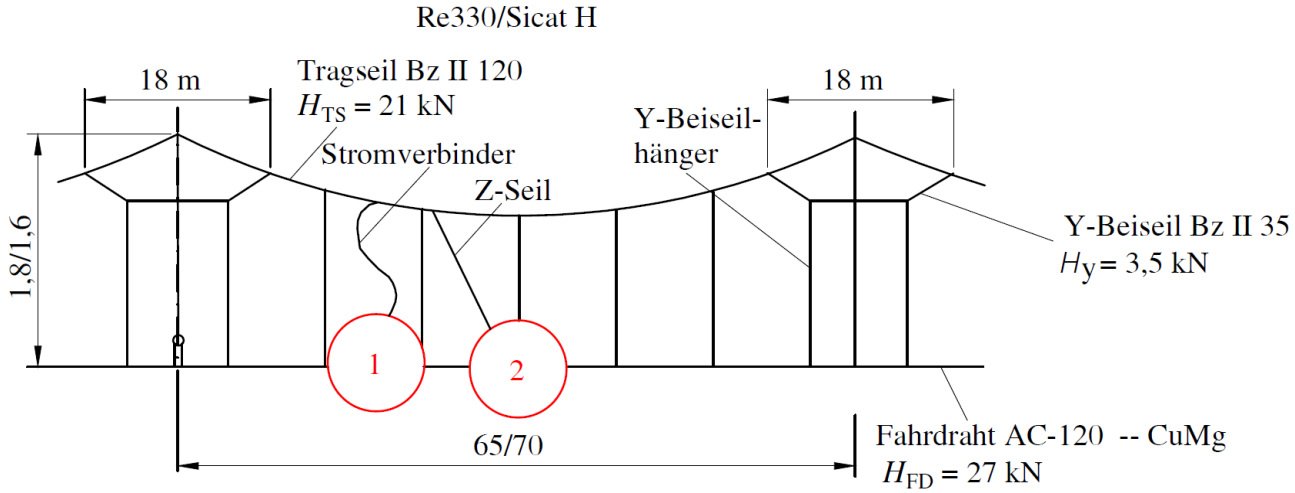
- Fahrdrahtzugkraft 27 kN

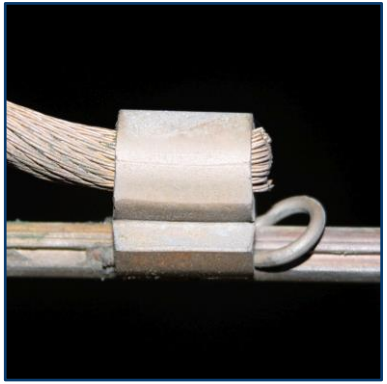
- Fahrdrahttyp:
  - AC-120—CuMg mit 99,7% Kupferanteil
  - Durchmesser neuer Fahrdraht d = 13,2 mm
  - Verschleißgrenze $A_{Verschleiß}$ = 20% (DB)

→ h_{Rest} = 10,1 mm



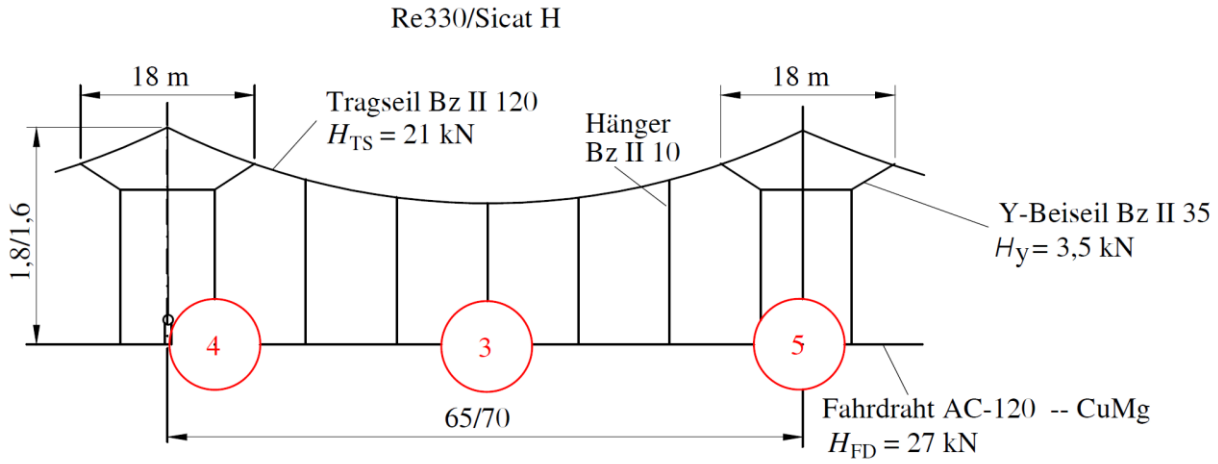
Messstellen des Fahrdrahtverschleißes Teil 1/4





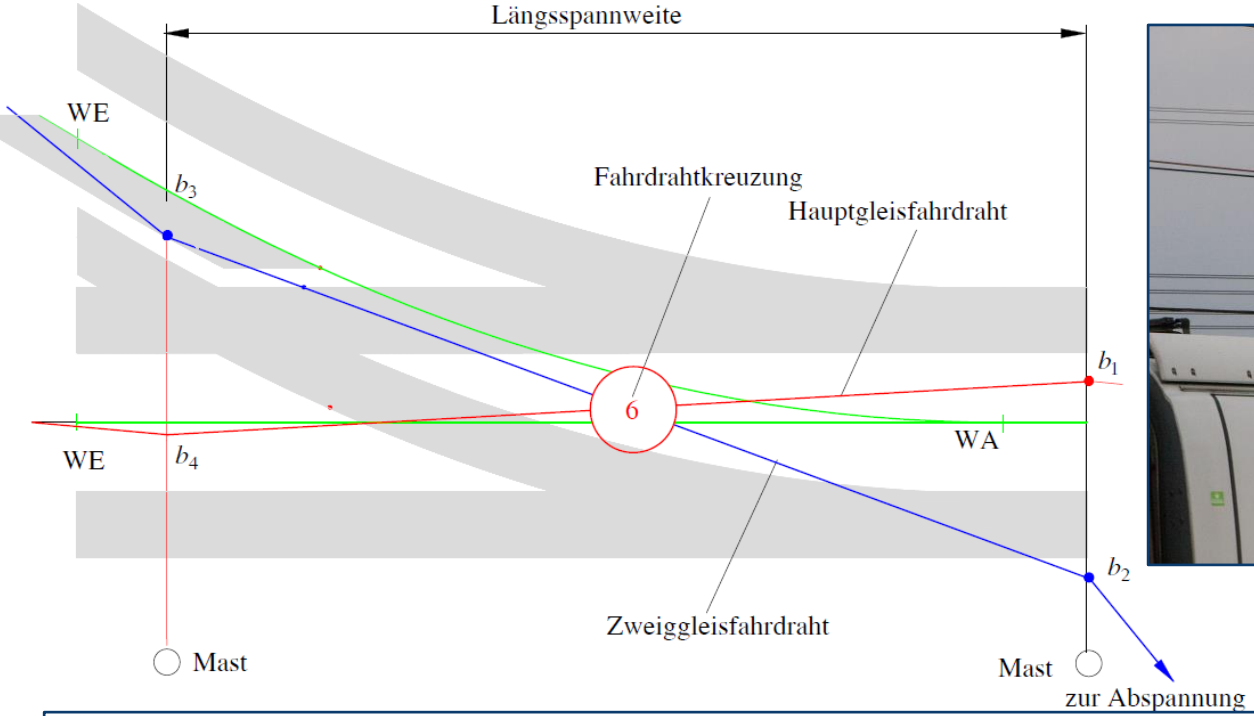
- Messstelle 1: Stromklemme am Fahrdraht (E-Klemme)
- Messstelle 2: Fahrdrahtklemme am Z-Seil

Messstellen des Fahrdrahtverschleißes Teil 2/4



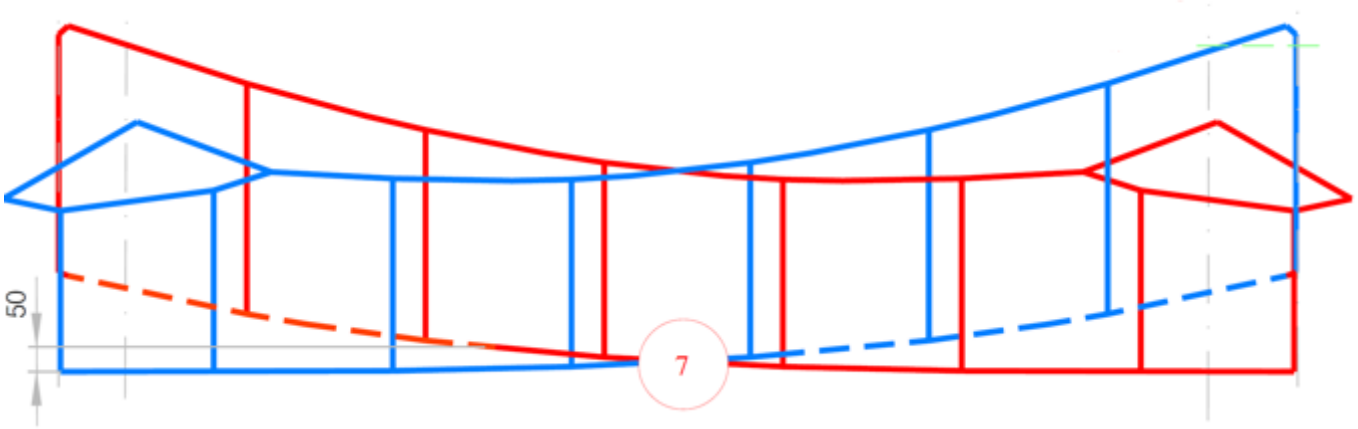
- Messstelle 3: Feldmitte zwischen oder am Hänger
- Messstelle 4: Y-Beiseilhänger-Klemme
- Messstelle 5: Fahrdrahtklemme am Stützpunkt

Messstellen des Fahrdrahtverschleißes Teil 3/4



Messstelle 6: Fahrdrahtkreuzung über Weichen

Messstellen des Fahrdrahtverschleißes Teil 4/4



- Messstelle 7: Nachspannungen / Überlappung
- Messstelle 8: Steigungen

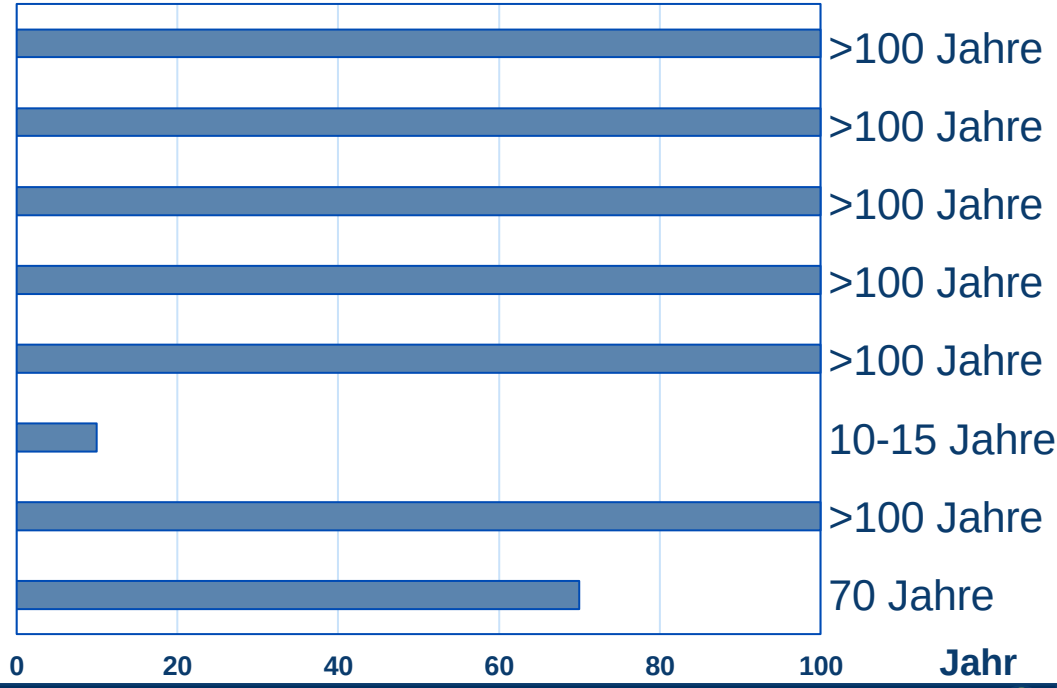
Messergebnisse im Überblick

Technische Nutzungsdauer (tN) des Fahrdrahts an einzelnen Komponenten

Messstellen

- **1** – Stromklemme am Fahrdraht
- **2** – Fahrdrahtklemme am Z-Seil
- **3** – Feldmitte
- **4** – Y-Beiseilhänger-Klemme
- **5** – Fahrdrahtklemme am Stützpunkt
- **6** – Fahrdrahtkreuzung über Weichen
- **7** – Nachspannungen / Überlappung
- **8** – Steigungen

Erwartete tN des AC-120 – CuMg auf HGS



Ergebnis der Untersuchung

Zusammenfassung und Fazit

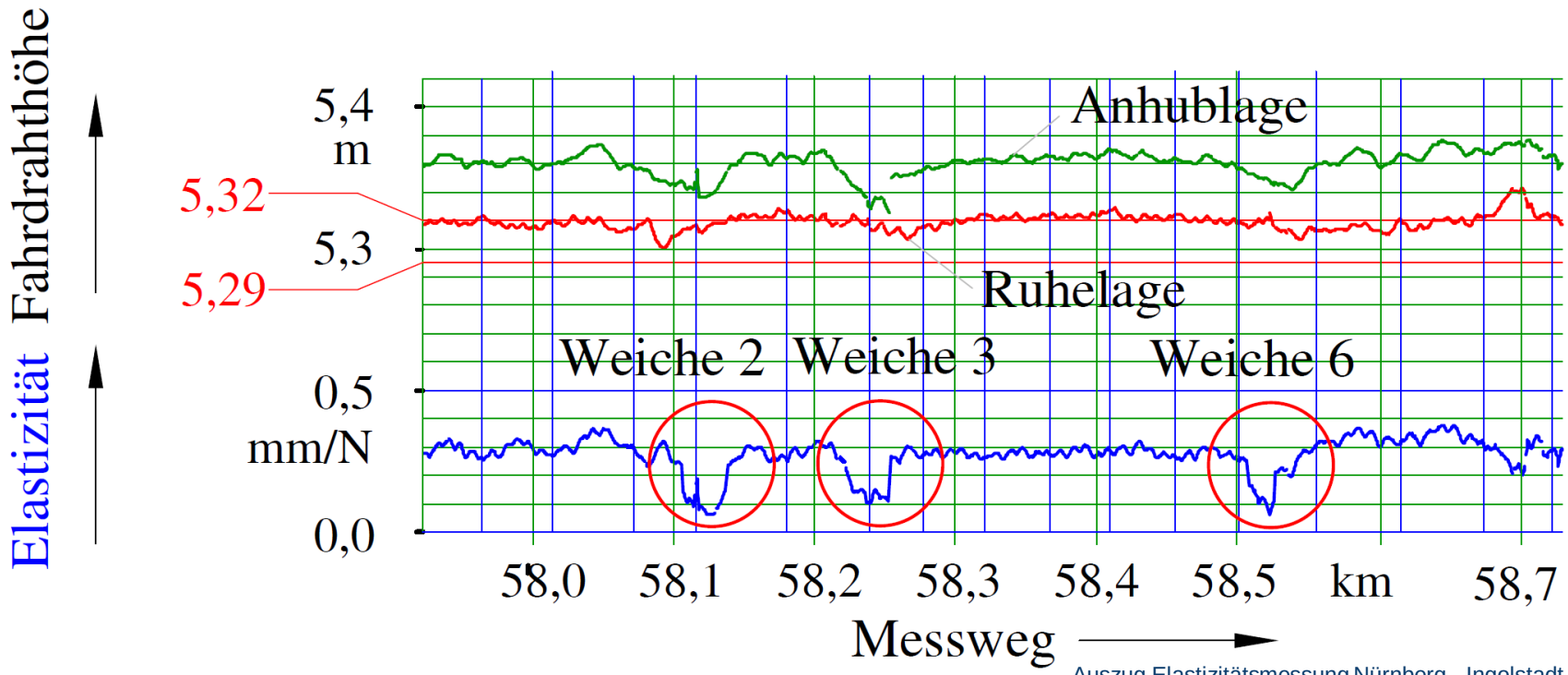
- Forderungen der EIU nach einer technischen Nutzungsdauer der Oberleitungsanlage über 100 Jahre, mit Blick auf den Fahrdrahtverschleiß auf Hochgeschwindigkeitsstrecken, berechtigt und auch realisierbar.

- „Messstelle 6: Fahrdrahtkreuzung über Weichen“ zeigen einen **erhöhten Fahrdrahtverschleiß** und erfordern eine genauere Untersuchung.

- „Messstelle 8: Fahrdrähte in Steigungen“ verschleißen schneller. Wenn in diesen Abschnitten der AC-120—CuMg durch einen AC-150-CuMg ersetzt wird, verlängert sich die berechnete Lebensdauer von 70 auf über 200 Jahre.

Elastizitätsänderungen

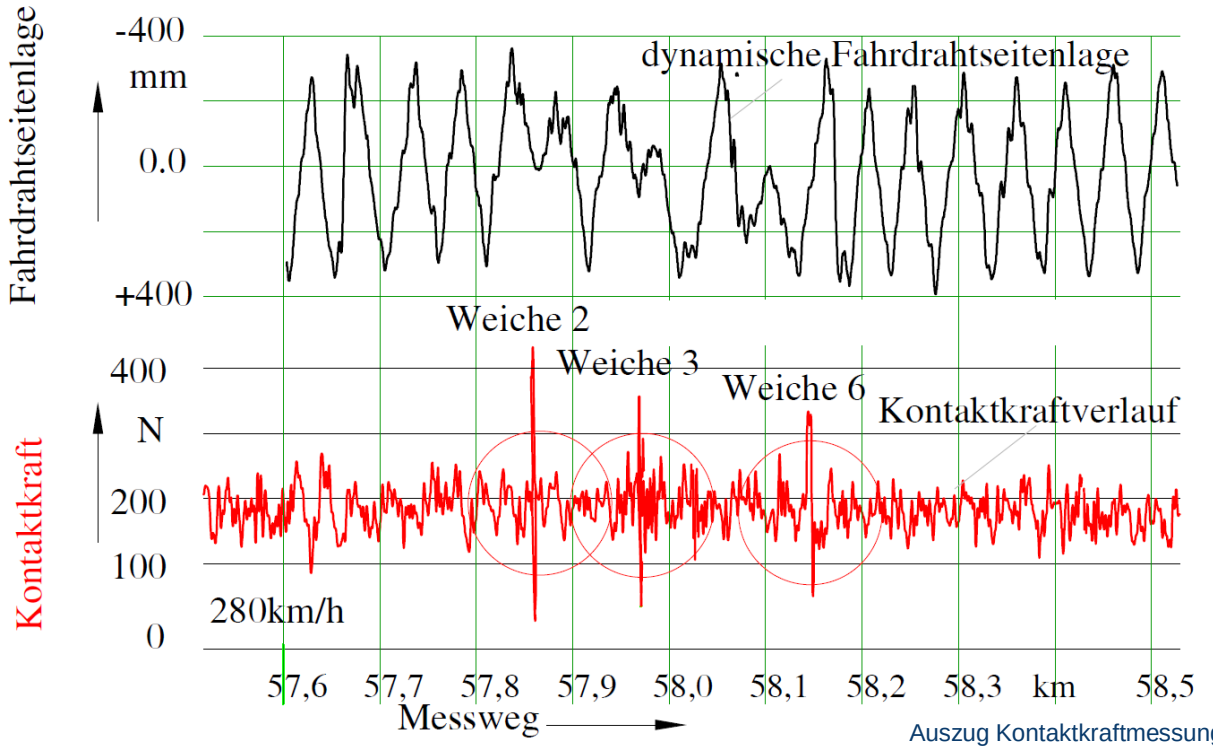
Beispiel: Weichenbereiche Nürnberg - Ingolstadt (Übf. Kinding)



Auszug Elastizitätsmessung Nürnberg - Ingolstadt

Kontaktkraft

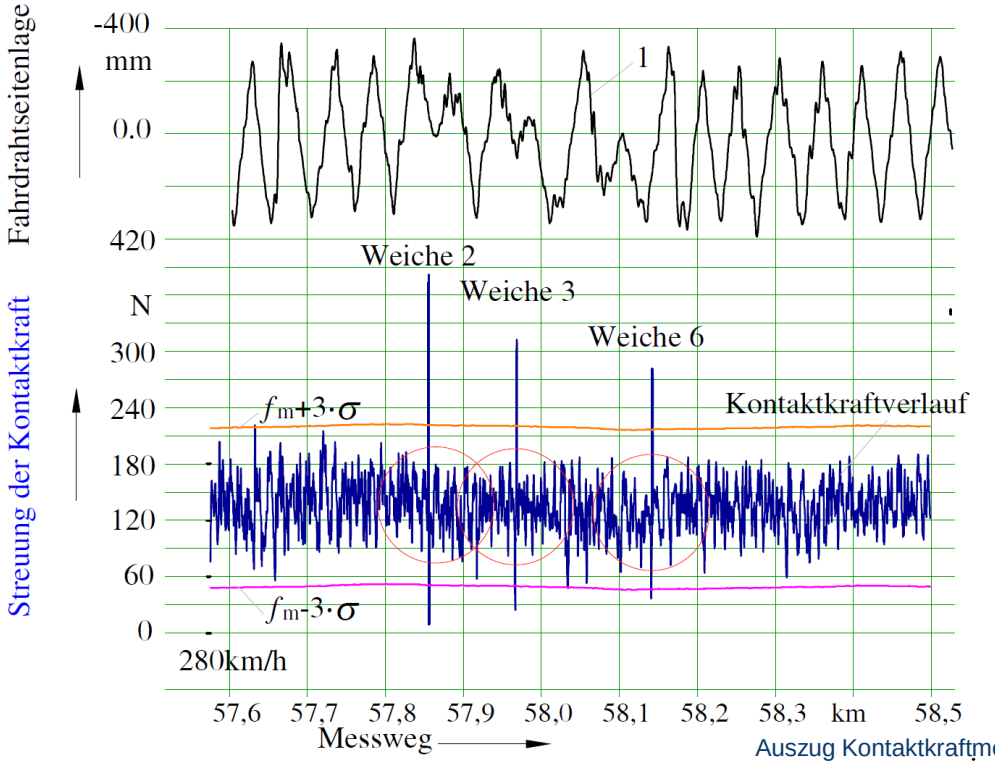
Beispiel: Weichenbereiche Nürnberg - Ingolstadt (Übf. Kinding)



Auszug Kontaktkraftmessung Nürnberg - Ingolstadt

Streuung der Kontaktkraft

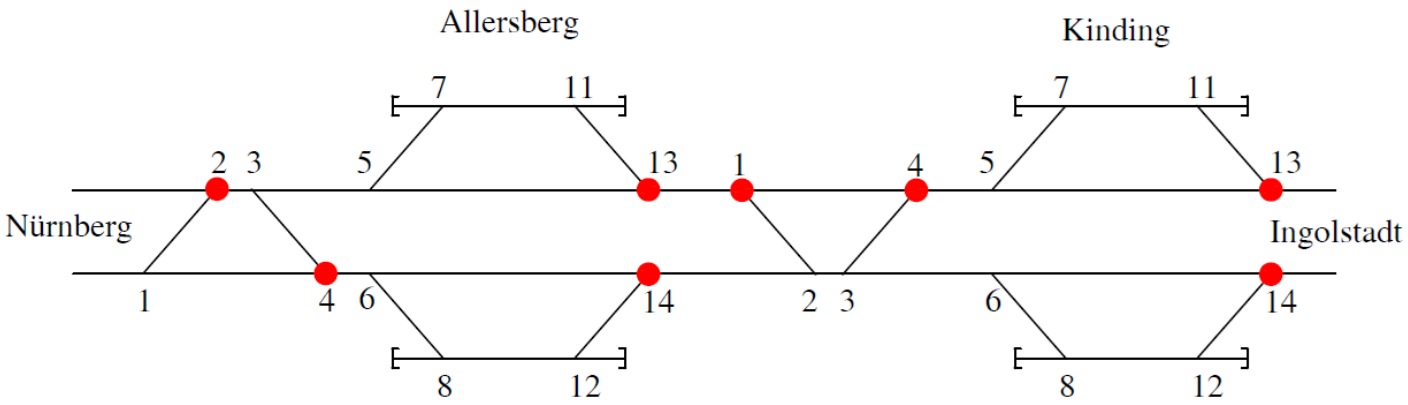
Beispiel: Weichenbereiche Nürnberg - Ingolstadt (Übf. Kinding)



Auszug Kontaktkraftmessung Nürnberg - Ingolstadt

Erkennbare Zusammenhänge

des Fahrdrahtverschleiß an Kreuzungen

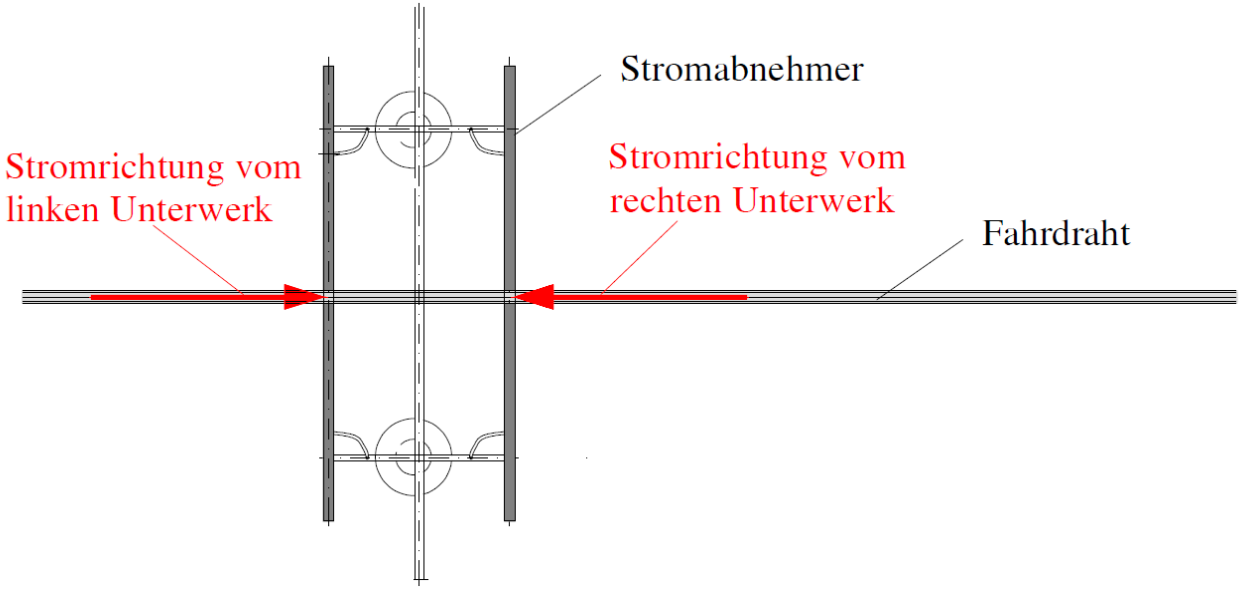


Der Verschleiß an Fahrdrahtkreuzungen ist unabhängig von betrieblichen und technischen Gegebenheiten wie:

Fahrtrichtung, Weichentyp, Anzahl der Stromverbinder nahe der Fahrdrahtkreuzung und kreuzender Fahrdrahttypen.

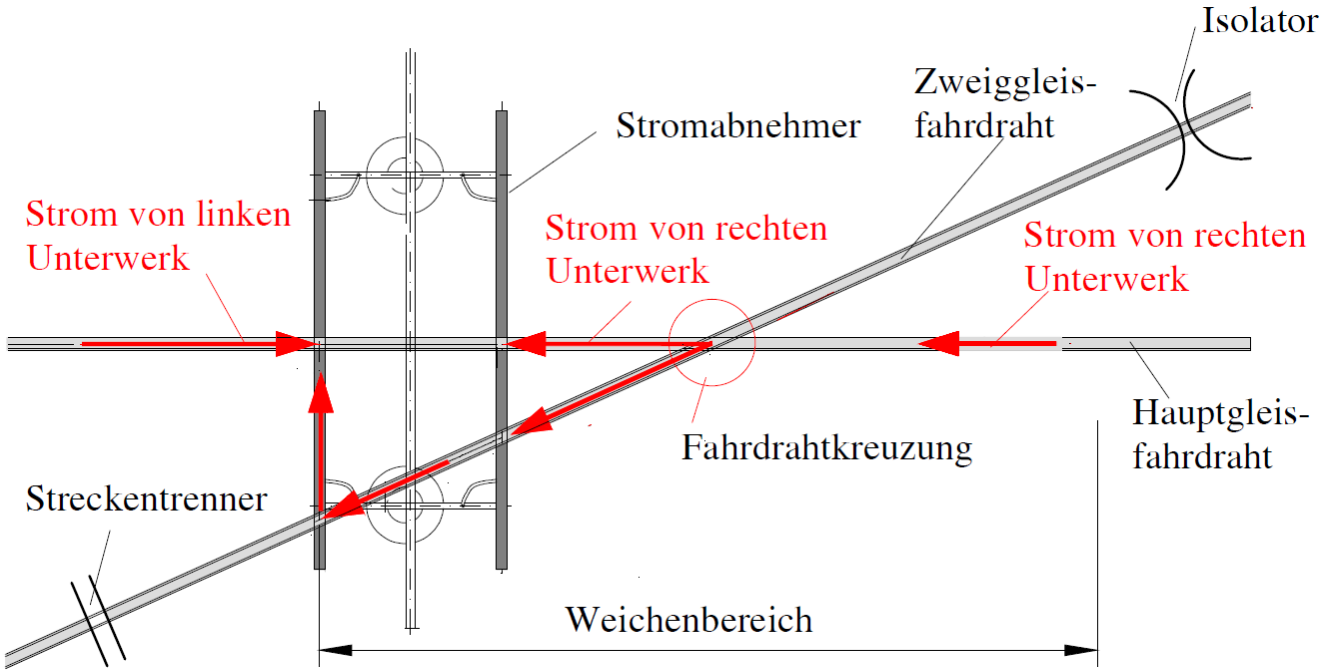
Verschleißursache an Fahrdrahtkreuzungen

Stromabnehmer außerhalb des Weichenbereichs



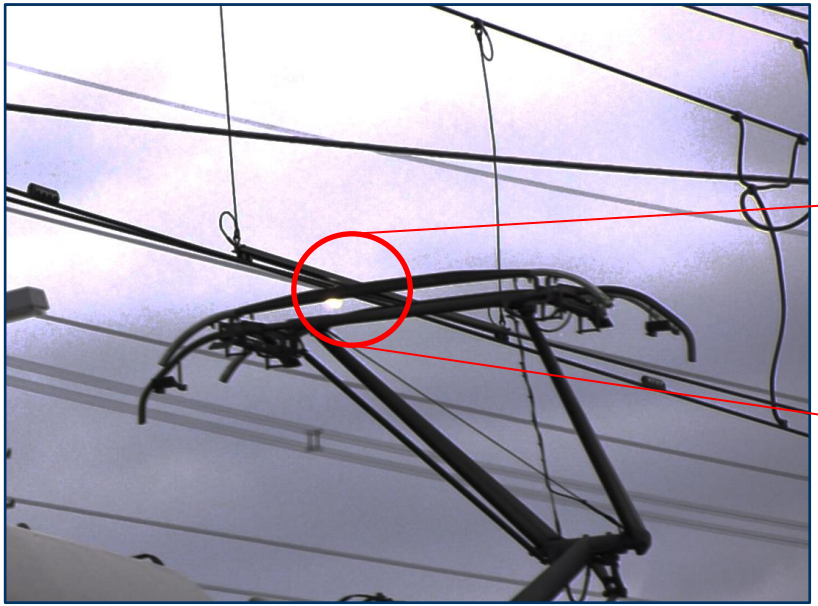
Verschleißursache an Fahrdrahtkreuzungen

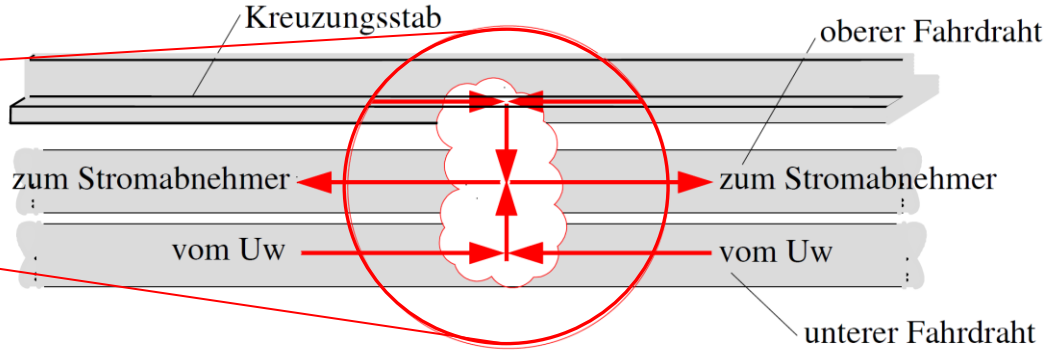
Stromabnehmer innerhalb des Weichenbereichs vor der Kreuzung



Verschleißursache an Fahrdrahtkreuzungen (HGS)

Elektrische und mechanische Wirkung als Ursache für den Verschleiß



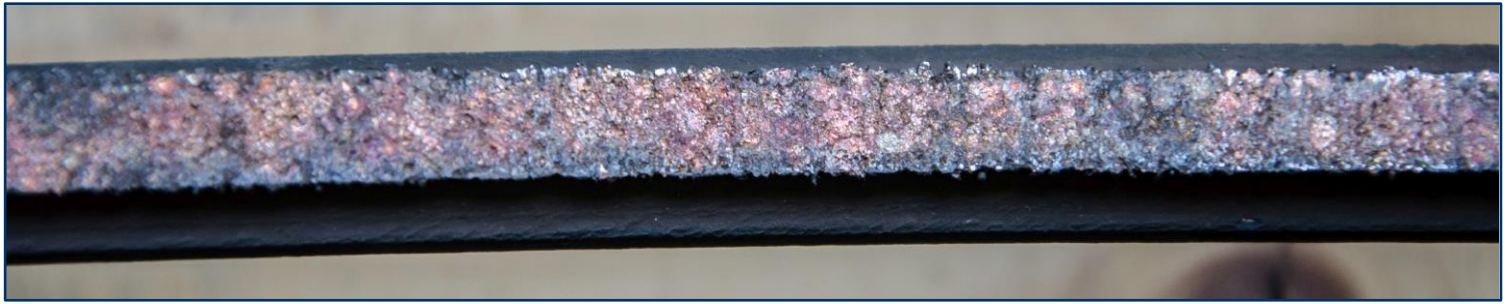


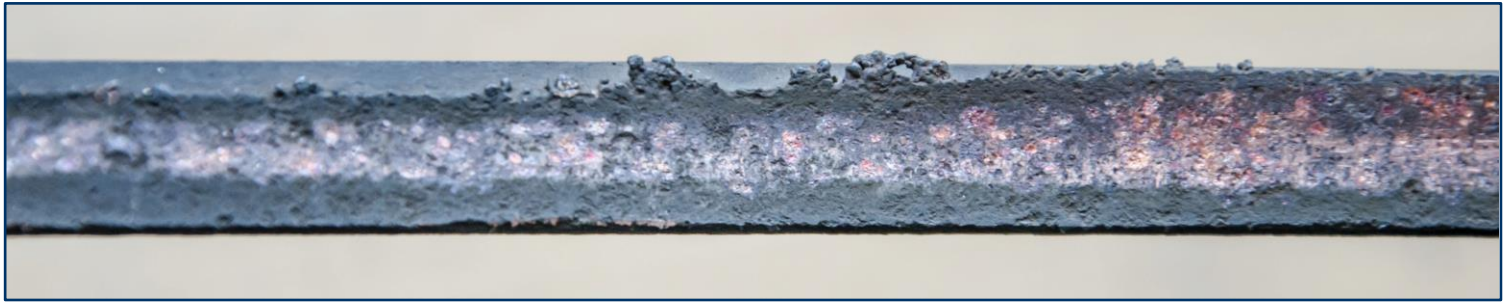
Sichtbarer Lichtbogen am Stromabnehmer und zwischen den Fahrdrähten

Stromfluss

Verschleißursache an Fahrdrahtkreuzungen (HGS)

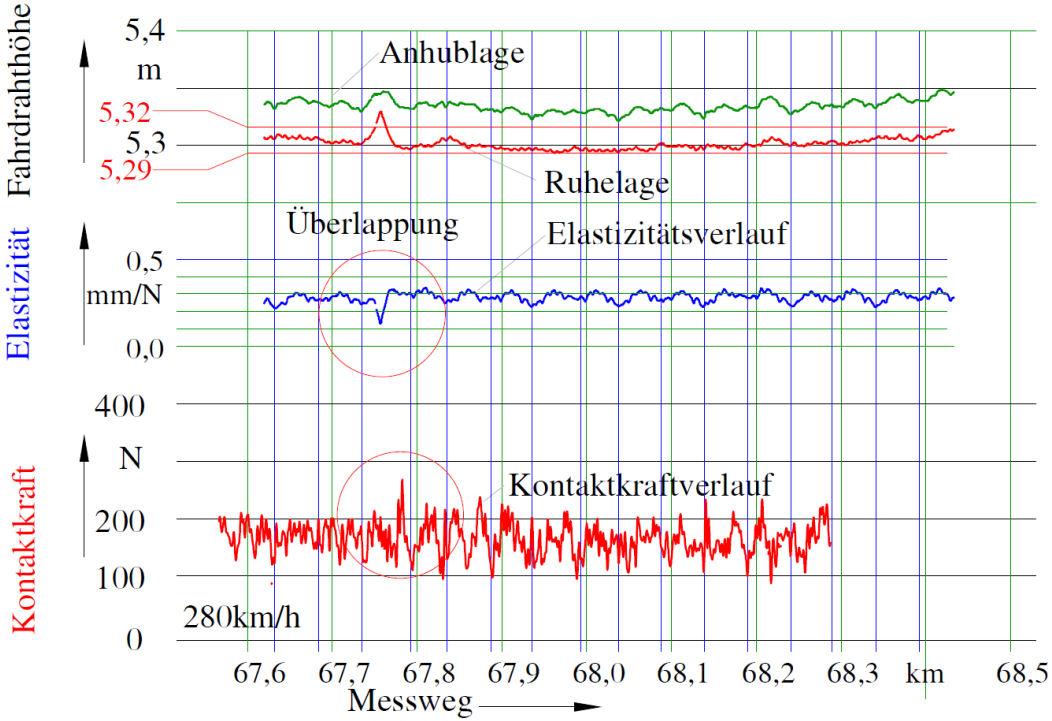
Oberfläche des Zweiggleisfahrdrahts (Bild oben), Hauptgleisfahrdrahts (Bild unten) und Kreuzungsstabs (Bild rechts)





Elastizitätsänderung und Fahrdrahtverschleiß

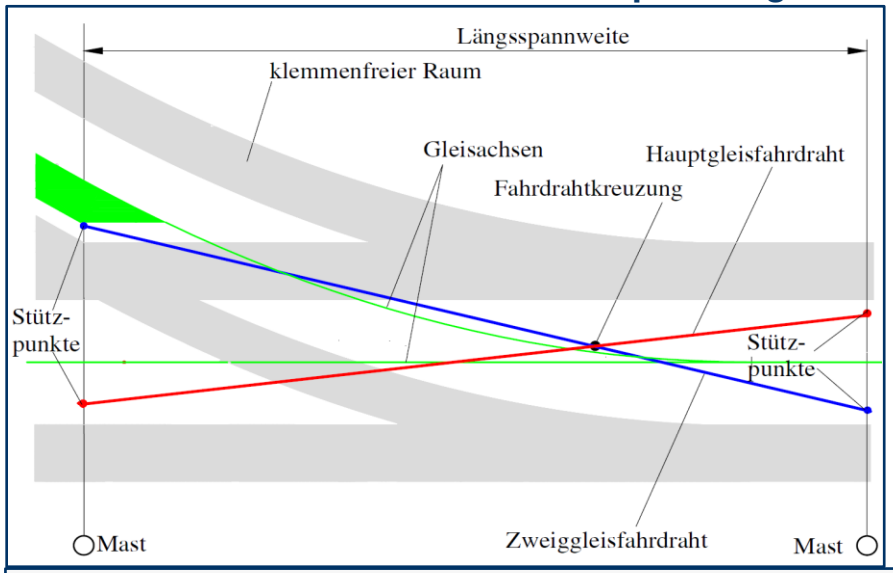
Elastizitätsmessung von Überlappungen

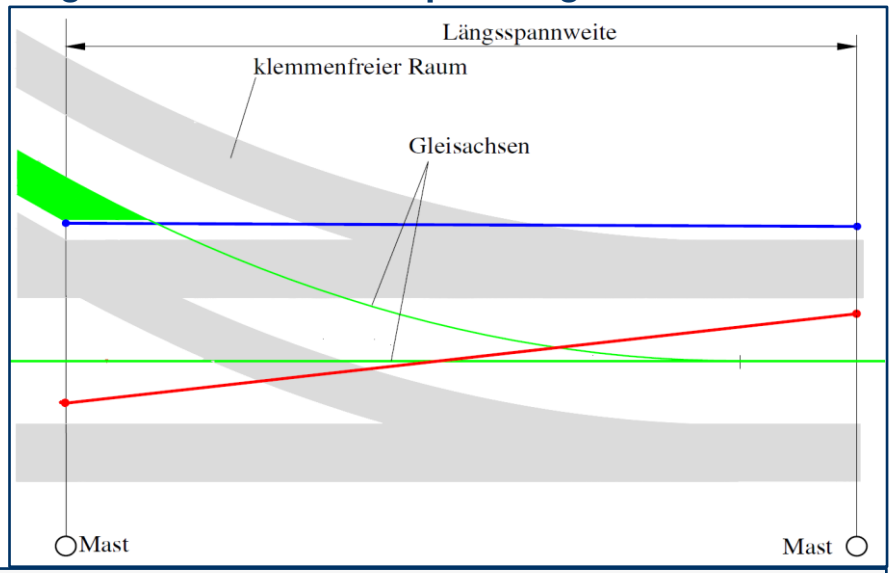


Auszug Kontaktkraftmessung Nürnberg - Ingolstadt

Lösungsvorschlag zur Vermeidung des FD-Verschleiß

Umbau der **kreuzenden Weichenbespannung** in die **tangentiale Weichenbespannung:**





Bei der tangentialen Weichenbespannung besteht keine Fahrdrahtkreuzung im befahrenen Bereich der Fahrdrähte über Weichen.

- Der Stromabnehmer berührt bei Fahrten im Hauptgleis den Fahrdraht des Zweiggleises nicht.
- Ein Fahrdrahtverschleiß ist wie in Nachspannungen / Überlappungen zu erwarten.
- Der FD AC-120—CuMg erreicht somit bei tangentialer Bespannung eine Lebensdauer > 100 Jahre.

Planungsphase der Betriebserprobung

zum Umbau der kreuzenden in eine tangentiale Weichenbespannung

- Auswahl von Weichenverbindungen mit hohem Fahrdrahtverschleiß an den Fahrdrahtkreuzungen auf den mit 300 km/h befahrenen Hochgeschwindigkeitsstrecken Nürnberg – Ingolstadt und Köln – RheinMain:

- Auf der Strecke Nürnberg – Ingolstadt Umbau der Weichenverbindung 3/4 im Bahnhof Allersberg mit der Bauart Re330 (DB).

- Auf der Strecke Köln – RheinMain Umbau der Weichenverbindung 1/2 im Bahnhof Limburg Süd mit der Bauart Sicat-H (Siemens).

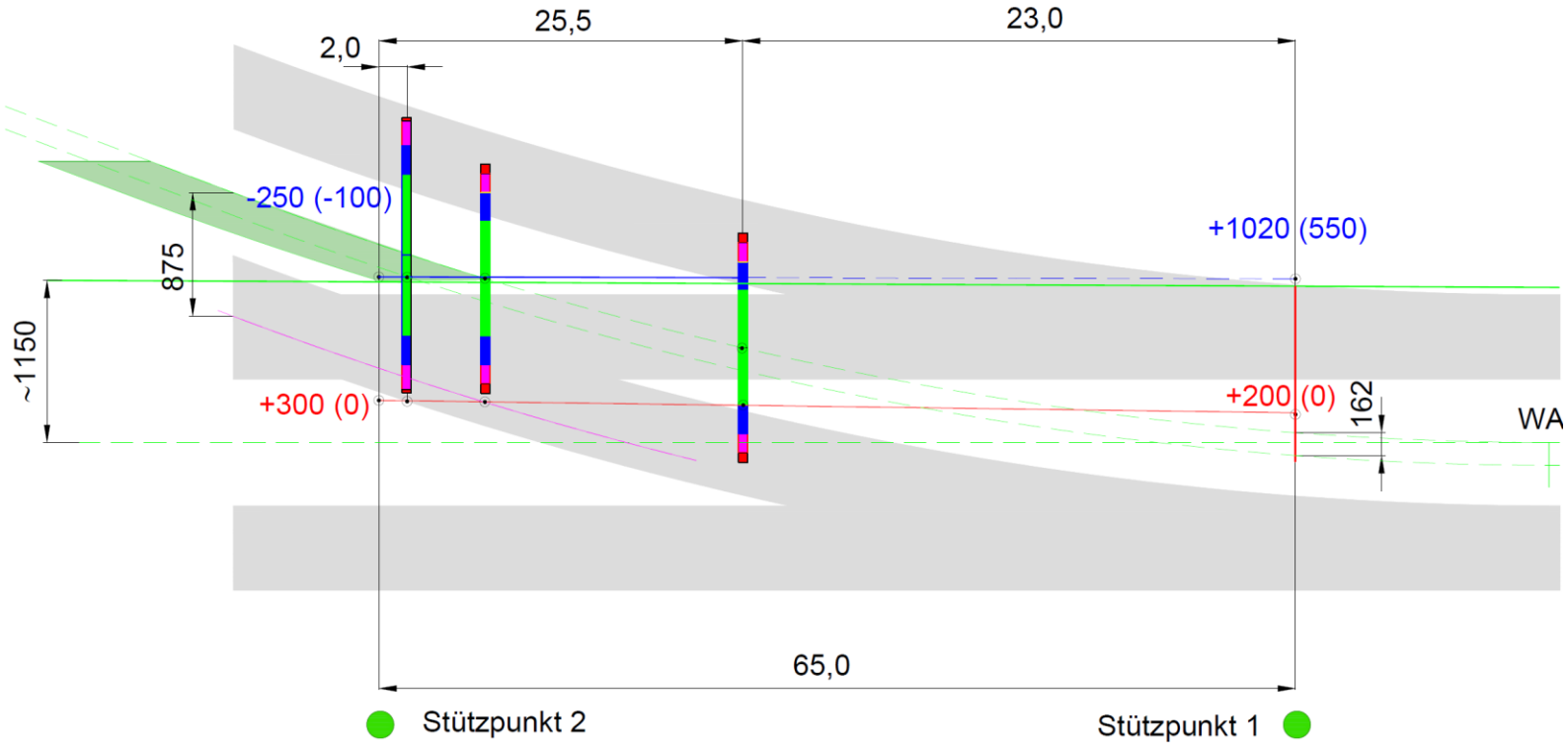
Anforderungen an die Planung der tangentialen Bespannung (1)

- Interoperabler Betrieb für die 1600-mm- und 1950-mm-Wippe
- Feste Fahrbahn mit Weichentypen EW 49-2500-1:26,5fb
- Keine Fahrdrahtkreuzung und keine Wechselhänger
- Keine Berührung des Zweiggleisfahrdrahtes mit dem Stromabnehmer im Hauptgleis bei
  - Windabtrieb, Hochzug und Toleranzen des Zweiggleisfahrdrahts
  - Horizontale und vertikale Bewegung des Stromabnehmers im Hauptgleis
- Beide Fahrdrähte zum Zeitpunkt des Auflaufs auf einer Wippenhälfte, wobei der Auflauf mit dem Eindringen des Fahrdrahts in den klemmenfreien Raum beginnt
- Maximale Wippenneigung 60 mm nach EN 50367:2020
- Fahrdraht des Zweiggleises darf nicht unter die Wippe im Hauptgleis gelangen

Anforderungen an die Planung der tangentialen Bespannung (2)

- Radiale Kräfte am Stützpunkt zwischen 80 N und 2000 N
- Minimale Seitenverschiebung des Hauptgleisfahrdrahts 1,5 mm/m
- Einhaltung des klemmenfreien Raums für beide Wippen
- Geometrische Mittelwertbildung zwischen Windabtrieb und Toleranz des Zweiggleisfahrdrahts sowie Seitenverschiebung des Stromabnehmers im Hauptgleis
- Einhaltung der Mindestfahrdrahthöhe von 5,05 m am Trenner bei Eislast
- Gebrauchstauglichkeitsnachweis und Sicherheitsnachweis, Einhaltung der Entdrahtungsgrenze
- Minimale Kosten beim Umbau

Bespannungsplan einer tangential bespannten Weiche



Umsetzungsphase der Betriebserprobung

zum Umbau der kreuzenden in eine tangentiale Weichenbespannung

- die Anforderungen an die Planung ließen sich durchweg umsetzen
- es waren keine neuen Masten notwendig
- der Wechsel eines Auslegers je Weiche war erforderlich

Im Ergebnis entstanden die weltweit ersten tangentialen Weichenbespannungen, die entsprechend der TSI Fahrzeuge, TSI Energie und EN 50 367 für die 1950-mm- und 1600-mm-Wippe nutzbar sind:

✓ im Oktober 2020 erfolgte der erste Umbau einer Weichenverbindung in Allersberg auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke Nürnberg - Ingolstadt.

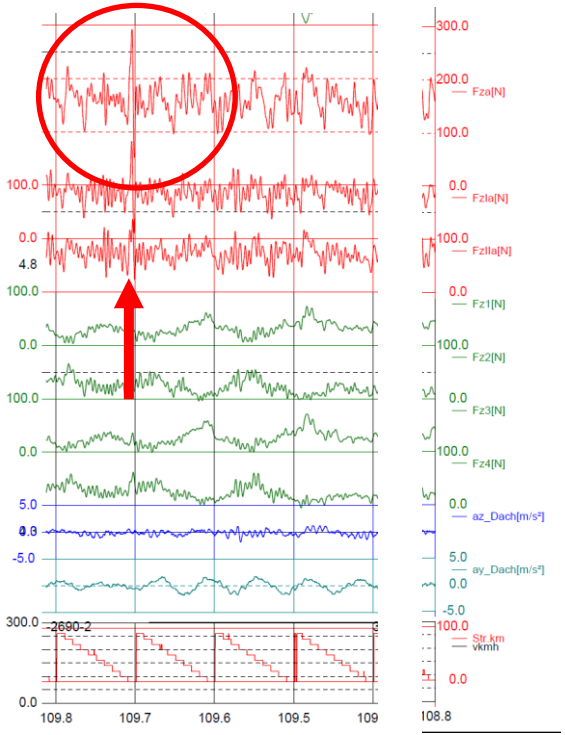
✓ im Juni 2021 erfolgte der zweite Umbau einer Weichenverbindung in Limburg Süd auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke Köln - RheinMain

Stromabnehmerfahrt der Weichenverbindung im Bf Allersberg

Zusammenwirken von Oberleitung und Stromabnehmer

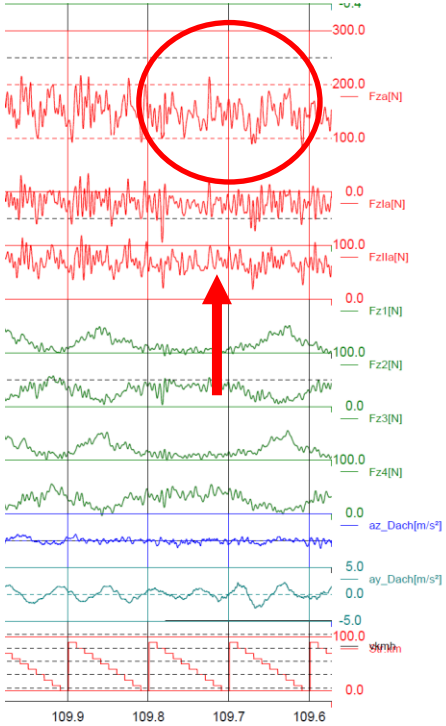
vor dem Umbau mit Fahrdrahtkreuzung

nach dem Umbau ohne Fahrdrahtkreuzung



Auszug Kontaktkraftmessung Köln – RheinMain Februar 2021

Beispiel:
Weiche 2 Limburg Süd



Auszug Kontaktkraftmessung Köln – RheinMain September 2021

Fazit und Ausblick

- In Deutschland beabsichtigt die DB Netz AG für neue Hochgeschwindigkeitsstrecken mit 300 km/h die tangentiale Weichenbespannung als Standardbespannung zu nutzen.

- Zur Reduzierung des Fahrdrahtverschleißes an Kreuzungen auf Hochgeschwindigkeitsstrecken, werden derzeit neben der tangentialen Weichenbespannungen weitere technische Lösungen bei der DB Netz AG erprobt.

- Beim Umbau von weiteren kreuzenden in tangentiale Weichenbespannungen liegt der Fokus auf Weichenverbindungen und Abzweigen mit hohem Verschleiß.

ÖSTERREICHISCHE
VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE
GESELLSCHAFT

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.