



Systemtechnik

WIR SIND
WEGBEREITER

WSW.

Katrin Mädler, Thomas Kolbe, DB Systemtechnik GmbH
Christian Kindinger, WSW mobil GmbH

Rad-Schiene-Kontakt über Kopf

Eine verschleißoptimierte Lösung für Wuppertal

Christian Kindinger, Thomas Kolbe, Katrin Mädler | 48. Tagung Moderne Schienenfahrzeuge | Graz 19.09.2023

Startseite > Welt

Mysteriöse Schäden lähmen Wuppertaler Schwebebahn

03.07.2020, 15:31 Uhr



Kölner Stadt-Anzeiger

Startseite > Region > Defekte Wuppertaler Schwebebahn: Corona-Krise Schuld an technischen Problemen?

Defekte Wuppertaler Schwebebahn

Corona-Krise Schuld an technischen Problemen?

06.10.2020, 14:12 Uhr

Lesezeit 2 Minuten

Technische Probleme

Wuppertaler Schwebebahn steht ein Jahr lang an Werktagen still

Wuppertal · Wegen technischer Probleme wird die Wuppertaler Schwebebahn ein Jahr lang an Werktagen außer Betrieb genommen. Ab dem 12. August fährt die Bahn nur noch am Wochenende und an Feiertagen – als Touristenattraktion.

03.07.2020, 20:50 Uhr · 4 Minuten Lesezeit

Systemtechnik



2016: Einsatz GTW2014 neben GTW72

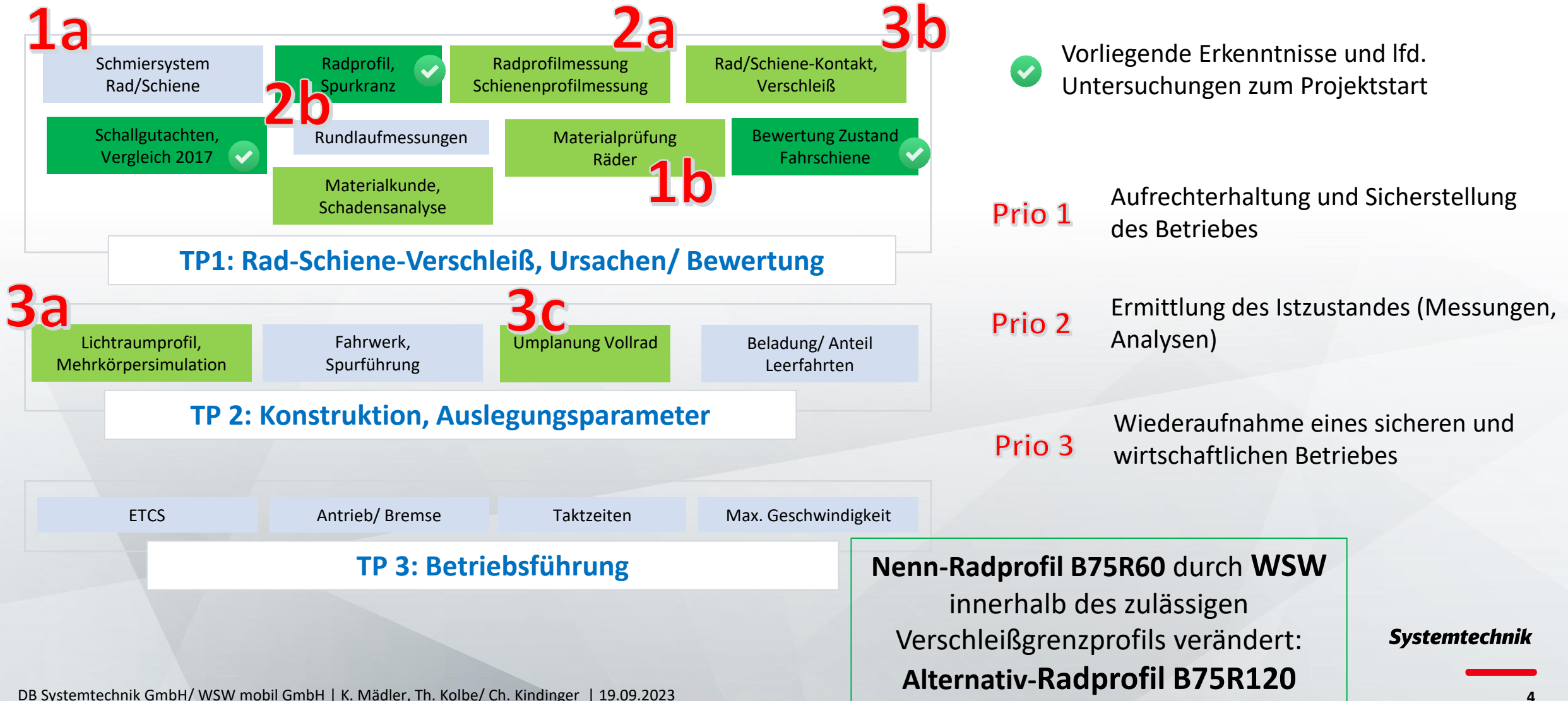
2017 v_{\max} von 60 km/h auf 40 km/h (wegen Lichtraumüberschreitung)

2019:

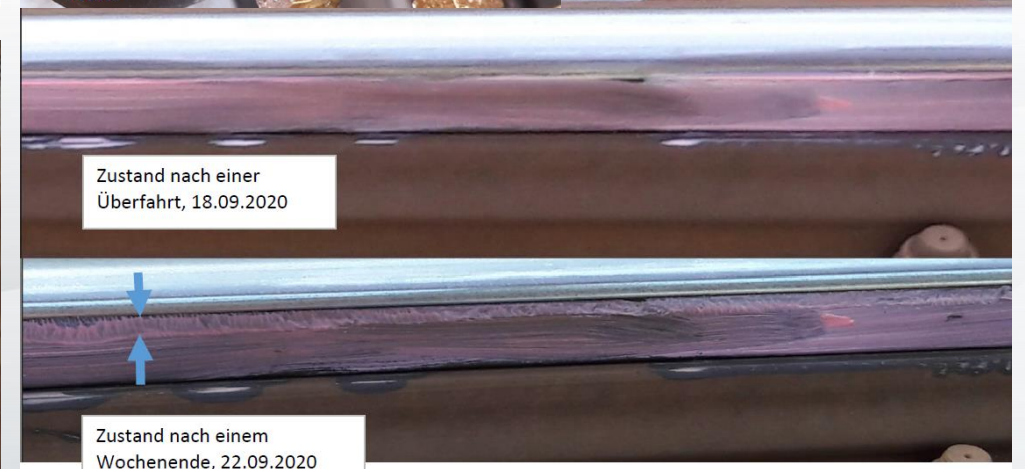
- Umstellung auf ETCS
- Lieferung von 29 Neufahrzeugen abgeschlossen, artreiner Verkehr GTW2014

2020:

- Corona, weniger Fahrgäste
- Ausbrüche in den Radlaufflächen, enormer Anstieg des Radverschleißes
- Kein Schmierfilm an den Fahrschienen
- Massive Vibrationen im Fahrzeug und starke Geräuscentwicklungen außerhalb
- Laufleistungen zwischen Reprofilierungen von über 65 Tkm auf 20 Tkm gesunken



- **Analyse der Schmierung**
 - Ansteuerung der Schmieranlage (**wann**) und des Schmier-auftrags (**wo**) unwirksam
 - Abschleudern des Schmier-mittels
- Ausgewählte Beobachtungen und Handschmierungen an der Strecke (farblich abgesetzt)
- Test einer **Pinsellösung** für gezielten Schmierauftrag
- Optimierung und kontinuierliche Kontrolle der Düseneinstellung sowie regelmäßige Funktionsprüfung erforderlich



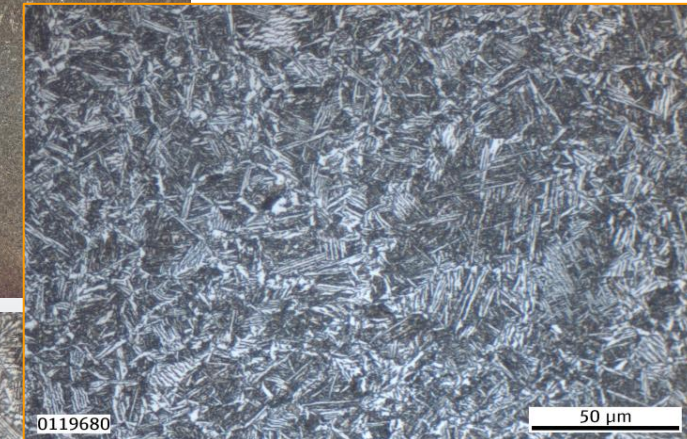
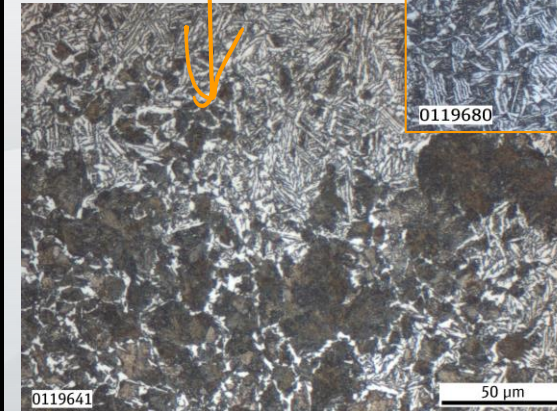
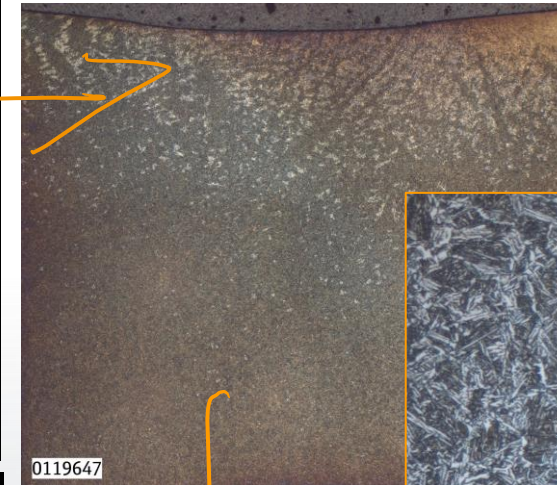
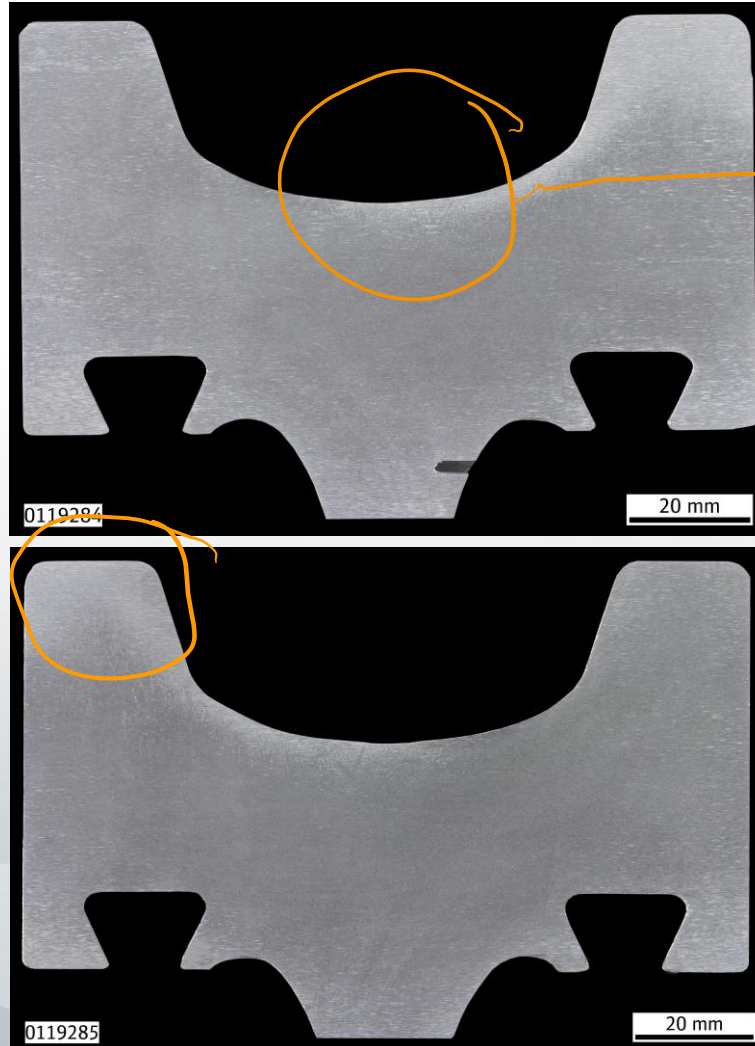
 **Optimierung und Kontrolle des Schmiersystems erforderlich**

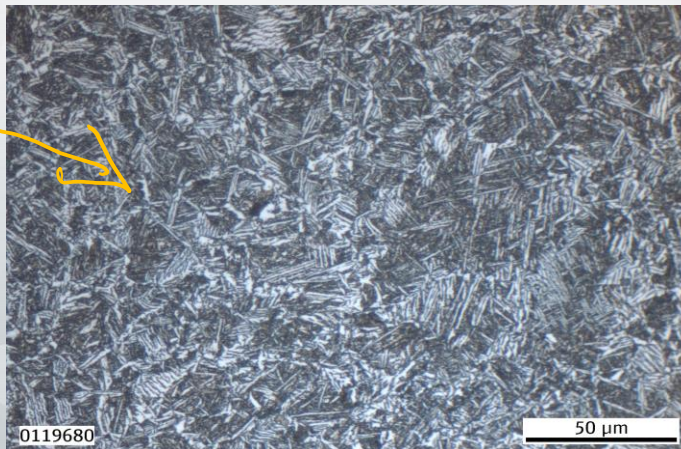
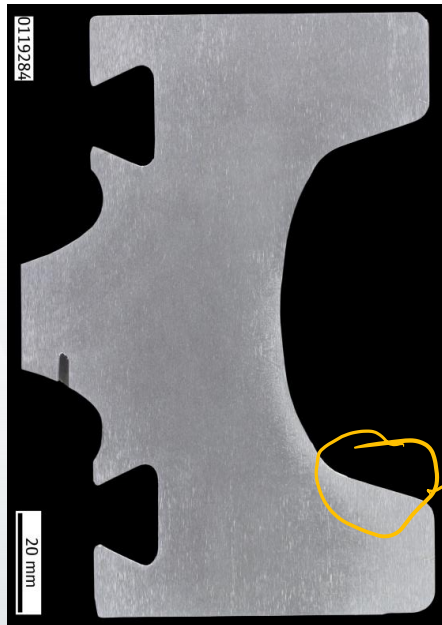
1b: Materialuntersuchungen der Räder

Makroschliff 1



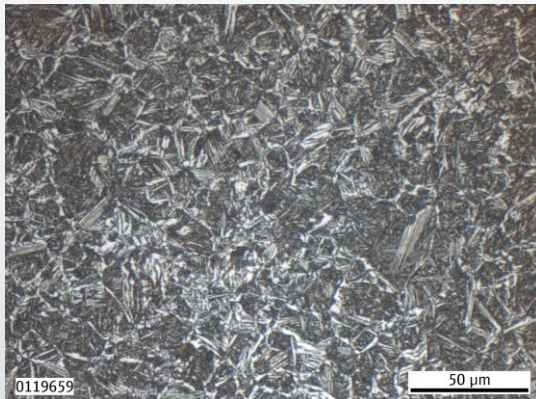
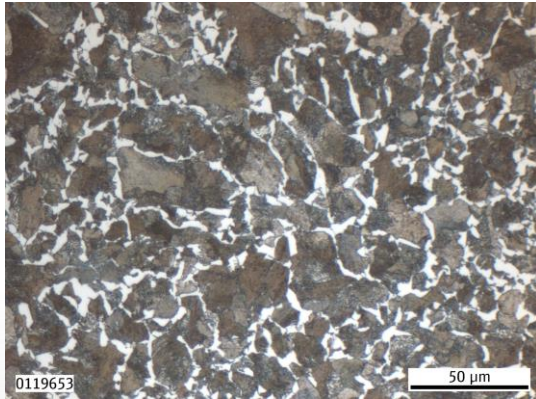
Makroschliff 2






- **GTW72**
 - Bereifte Räder, normalisiert
- **GTW2014**
 - Vollräder, radkranzvergütet
 - Einseitig erhebliche Anteile an **Bainit**
 - Bei Wärmebehandlung **unterliegende Spurkranzflanke** am stärksten betroffen
 - Bainit verschleißt stärker als Perlit
 - Festgelegte Einbauposition der Räder im Fahrzeug: betroffene Position immer in Fahrtrichtung rechts
 - Einseitiger Verschleiß in Querrichtung forciert

1b: Materialuntersuchungen der Räder + 3c: Umplanung Vollrad



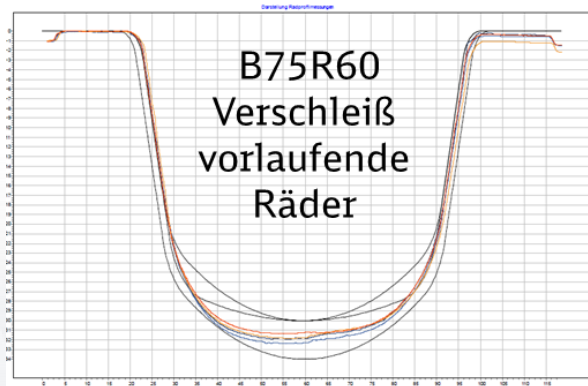
- Prüfspezifikation des Radherstellers überarbeitet
 - strengere Anforderungen an Gefüge und mechanische Eigenschaften
- Empfehlungen für eine gleichmäßigere Radkranzvergütung
- Option eines nicht radkranzvergüteten (normalisierten) Radwerkstoffes analog der bereiften Räder für GTW72

 **Prüfspezifikation Radwerkstoff für Neubeschaffungen angepasst, keine
Rückkehr zu bereiften Rädern**

2a: Radprofilmessung, Schienenprofilmessung

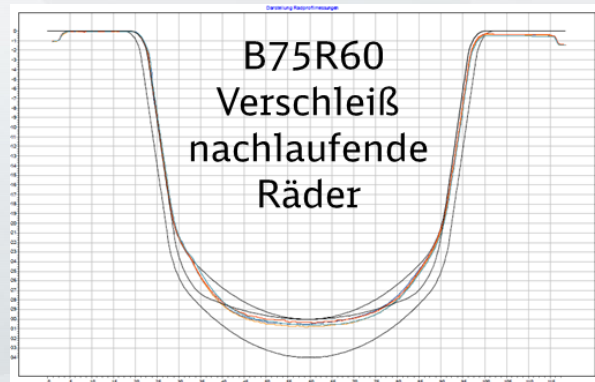
Messung durch Fa. Alstom

Nenn-Radprofil B75R60



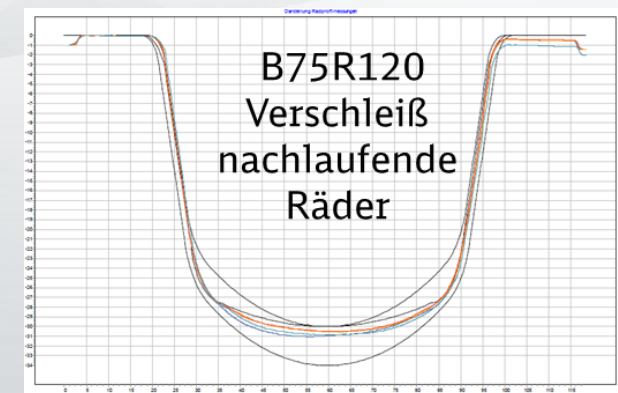
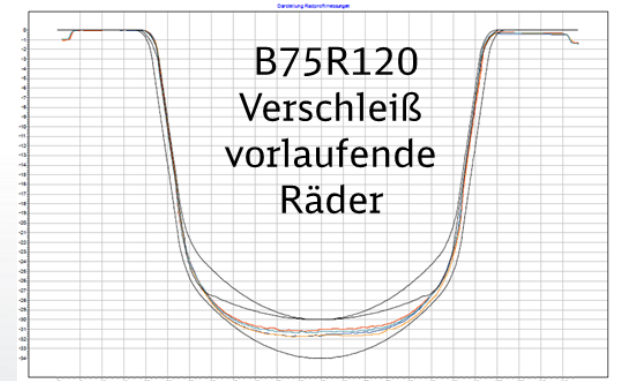
- Nenn-Radprofil **B75R60** verschleißt unsymmetrisch und führt zu auffälligen Unrundheiten

- im Wesentlichen **vorlaufende Räder** von der Unrundheit betroffen,
- vorlaufende Räder mit grundsätzlich **mehr Verschleiß** im Kontaktbereich als nachlaufende Räder,
- **Ursache:** fehlender Richtungswechsel der Fahrzeuge



- Alternativ-Radprofil **B75R120** mit etwas höheren Laufleistungen, verändert sich aber auch durch Verschleiß

Alternativ-Radprofil B75R120

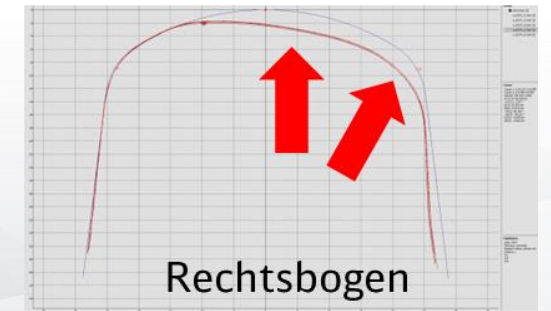
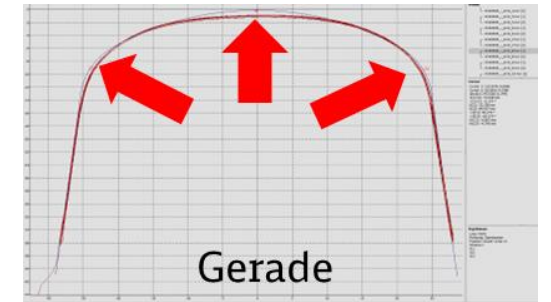
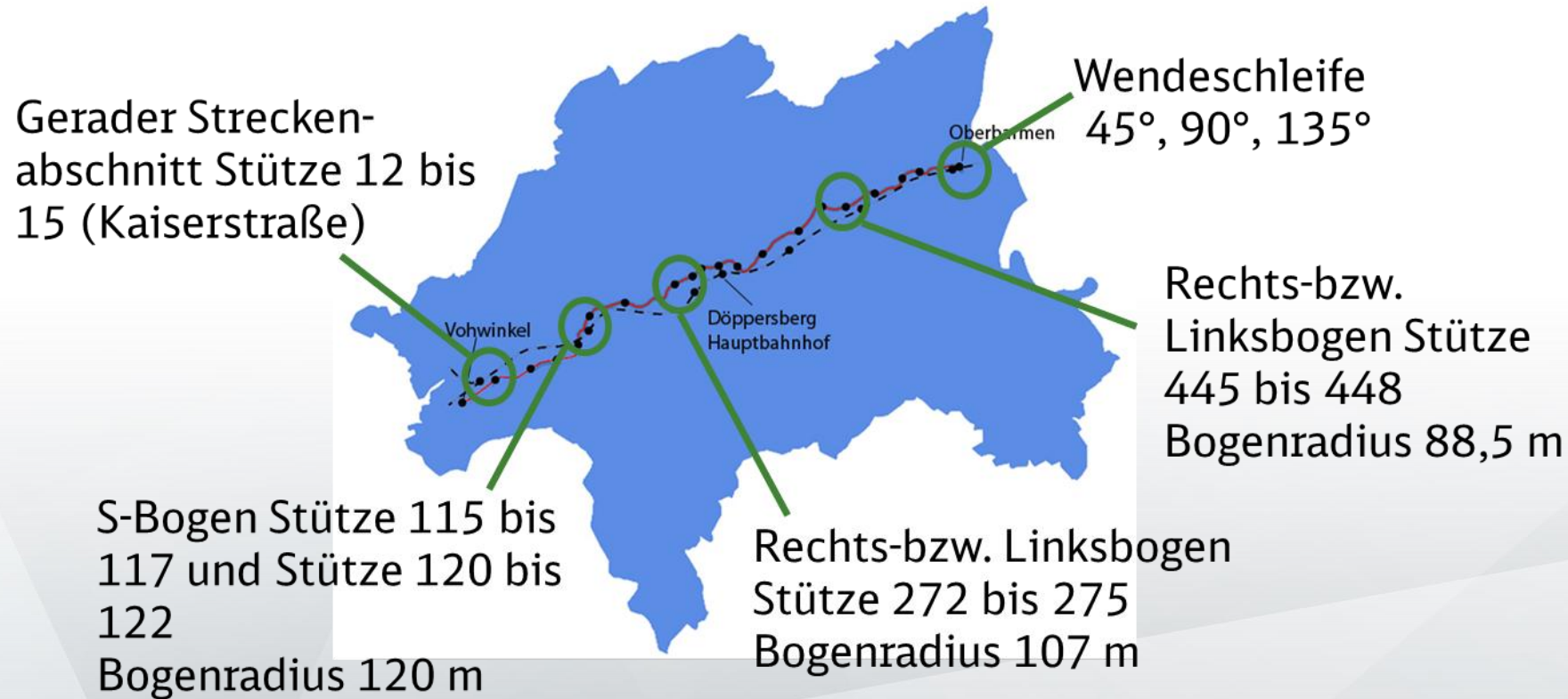


 **Nenn-Radprofil B75R60 und
Alternativ-Radprofil B75R120
sind nicht formstabil!**

Systemtechnik

2a: Radprofilmessung, Schienenprofilmessung

Messung durch DB Systemtechnik

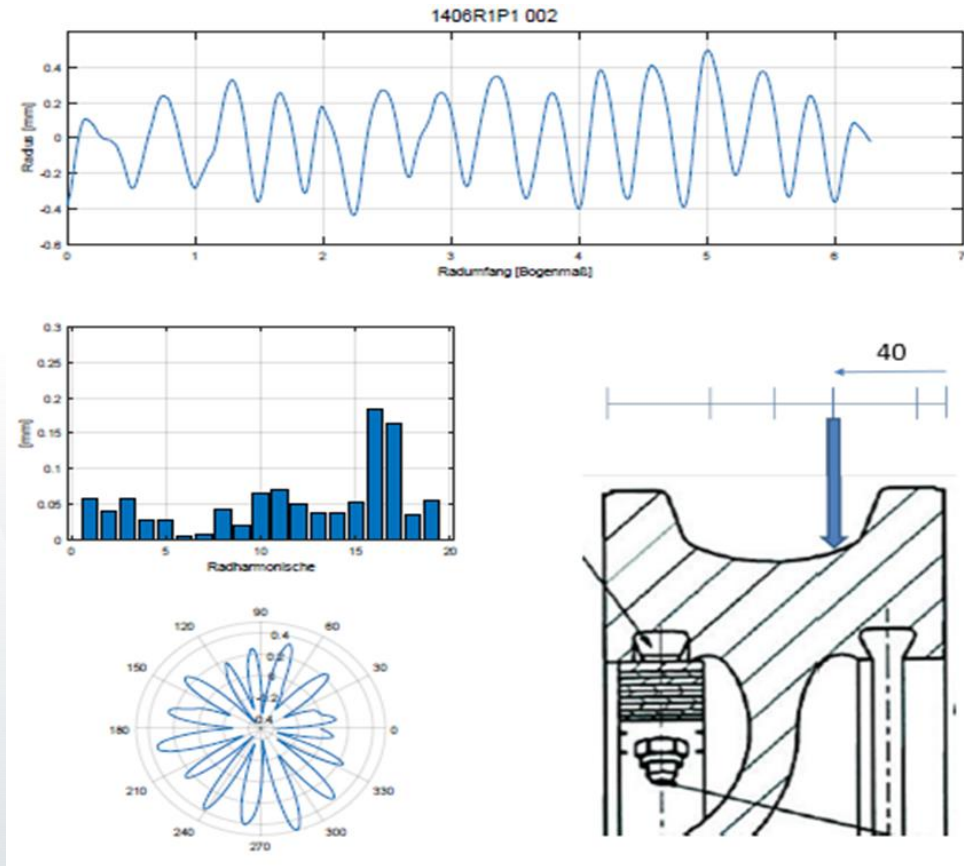


Istprofil der Schiene weicht signifikant vom Nennprofil ab und verändert damit die Berührgeometrie


Systemtechnik

2b: Rundlaufmessung

Messung durch DB Systemtechnik



- Große Rundlaufabweichungen an den führenden Rädern, Polygon höherer Ordnung (14 bis 17)
- **Nenn-Radprofil B75R60:** starke Ausprägung von Unrundheiten mit Maximalwerten bis 1 mm
 - Unterschiede in Ausprägung über das Querprofil (Position 40 mm am stärksten betroffen)
 - auf der in Fahrtrichtung rechten Seite am stärksten ausgeprägt (Bainit)
- Verringerung der Neigung zur Unrundheit mit **Alternativ-Radprofil B75R120**

 **Radprofil und Radwerkstoff(qualität) von größtem Einfluss auf Rundlauf der Räder (Längsprofil)**

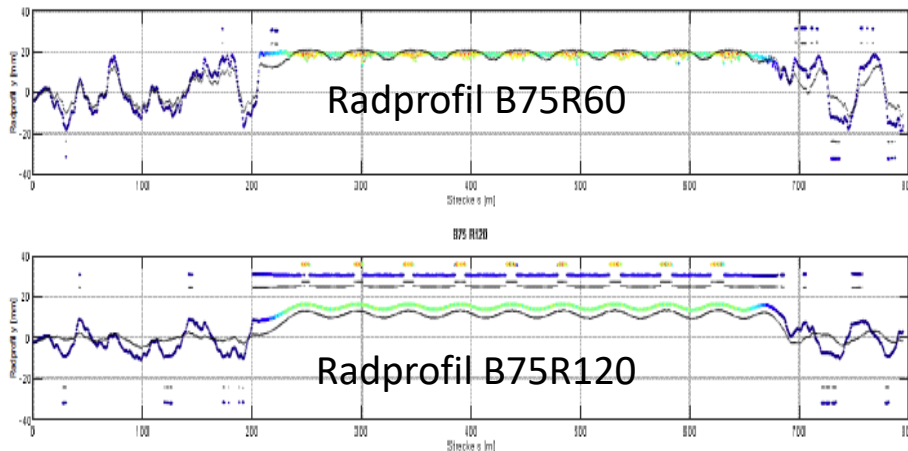
3a: Lichtraumprofil, Mehrkörpersimulation

Auftragnehmer Fa. Siemens

107 m Bogen, 50 km/h, Durchfahrt, trocken

Kontakt/Reibleistung

SIEMENS
Ingenuity for life



Rad

- Fahrgeschwindigkeit **40 km/h** bei Nenn-Radprofil **B75R60** und bei Alternativ-Radprofil **B75R120** (etwas weniger) mit stark konzentrierter Kontakt-häufigkeit
- Beladung mit nur geringem Einfluss auf Kontakt-häufigkeit
- Schmierung der Spurkranzflanke oberhalb der Hohlkehle senkt Reibleistung signifikant
- Anhebung der Geschwindigkeit auf 60 km/h führt zu weniger Rad-Verschleiß

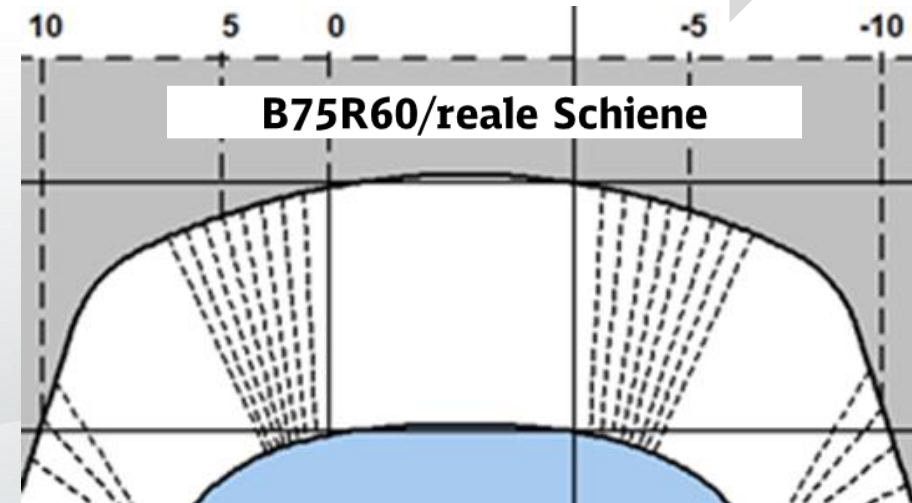
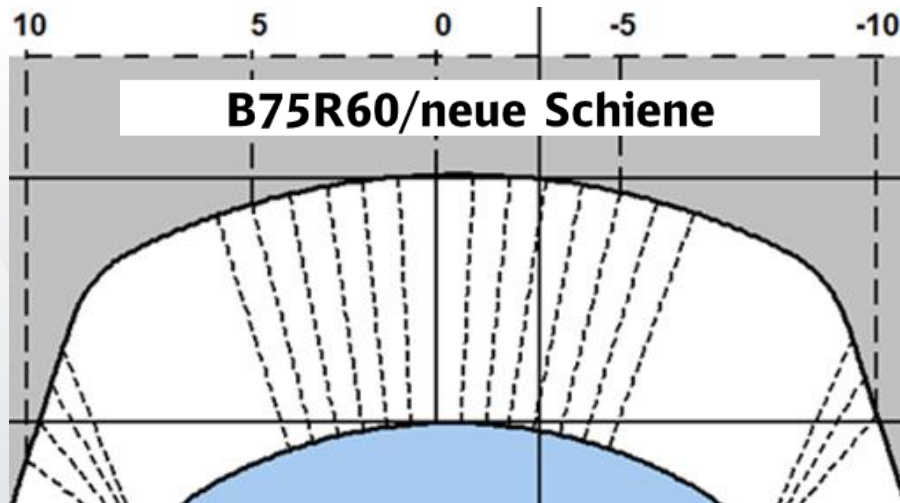
Schiene

- Verschleiß an der Schienenfahrkante mit Alternativ-Radprofil **B75R120** noch stärker als mit Nenn-Radprofil **B75R60**

Quelle: E. von Flottwell, Siemens

 Geschwindigkeit, Profilpaarung, Schmierung von **größtem Einfluss** Systemtechnik

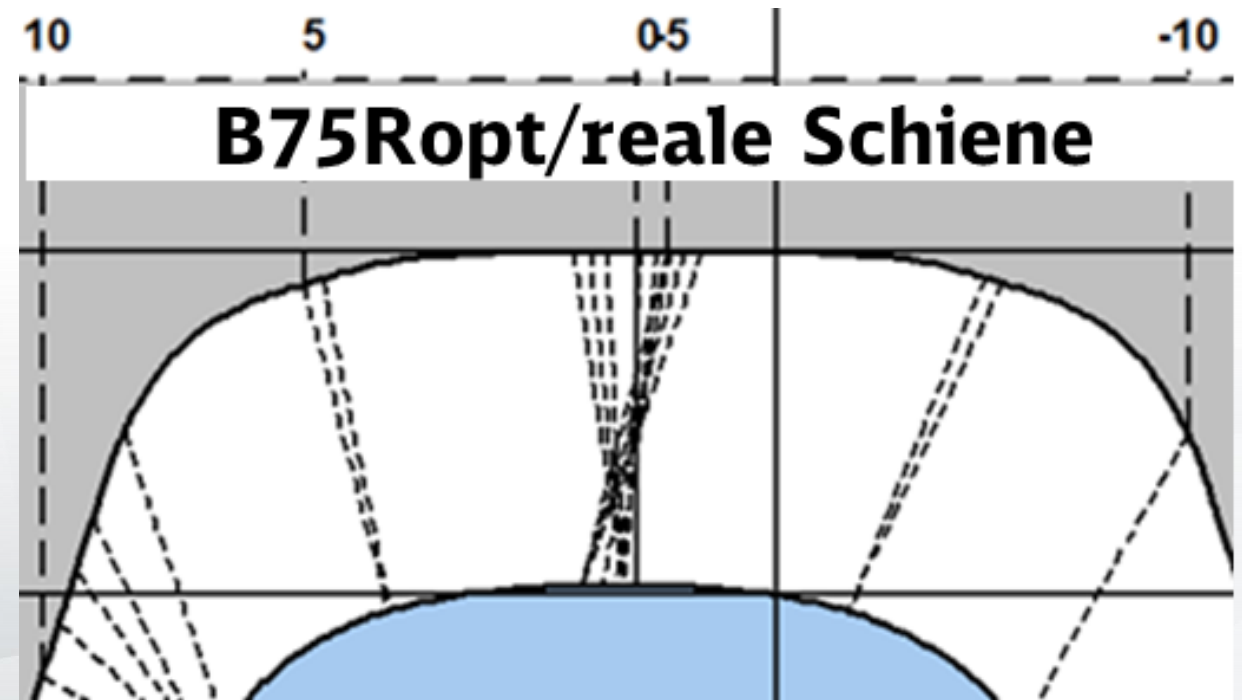
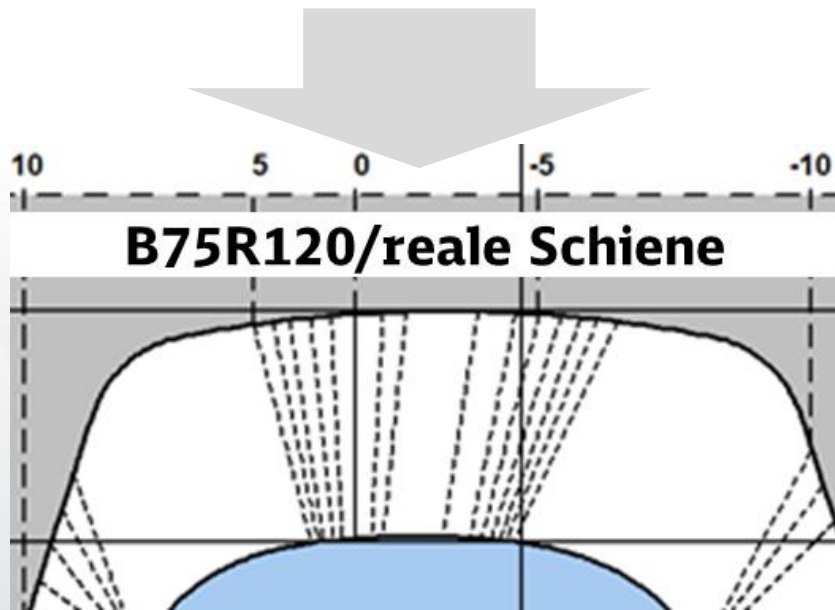
Rad-Schiene-Profilpaarung **B75R60** und reale Schiene
mit ungünstiger Berührgeometrie, da häufige Zweipunktberührung



Rad/Schiene-Profilpaarung nicht optimal
Neuentwicklung eines Radprofils erforderlich

3b: Rad/ Schiene-Kontakt, Verschleiß

Paarung B75R120/reale Schiene
zeigt nur bedingt bessere Berührbedingungen



**Neuentwicklung des Radprofils B75Ropt
für stabile Berührverhältnisse (konformer Verschleiß)**

Systemtechnik

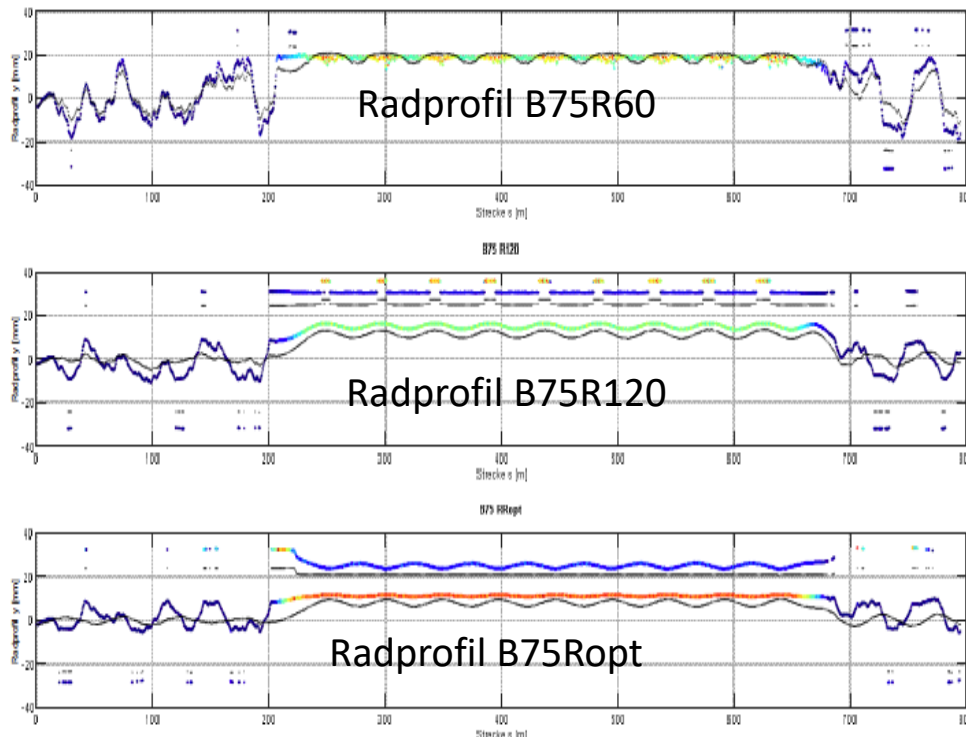
3a: Lichtraumprofil, Mehrkörpersimulation

3b: Rad/ Schiene-Kontakt, Verschleiß

107 m Bogen, 50 km/h, Durchfahrt, trocken

Kontakt/Reibleistung

SIEMENS
Ingenuity for life



Quelle: E. von Flottwell, Siemens

Rad

- Radprofil **B75Ropt** auch bei 40 km/h mit eher verteilter Kontakthäufigkeit

Schiene

- Verschleiß an der Fahrkante des Schienenkopfes mit Radprofil **B75Ropt** geringer als mit Nenn-Radprofil **B75R60**
- **B75Ropt** führt zu relativ gleichmäßiger Abnutzung der Fahrschiene



**Radprofil B75Ropt
sorgt für stabile
Berührverhältnisse
(konformer Verschleiß)**

Systemtechnik

Wirksamkeit der Maßnahmen

Seit Wiederaufnahme des Regelbetriebs im August 2021: Rad/Schiene-System stabil

- Maßnahmen führen nachhaltig zu einer Verschleiß-, Vibrations- und Lärmreduktion

- 1. Umstellung aller Fahrzeuge auf Radprofil B75Ropt in 2022 abgeschlossen
 - Radprofil B75Ropt hat formstabiles Verschleißprofil entwickelt

- 2. Nach Auffälligkeit im Sommer 2022 Schmiersystem („Pinsellösung“) seit 09/2022 an allen Fahrzeugen nachgerüstet
 - bei langanhaltend trockener Witterung im Sommer 2023 ausreichende Schmierung der Strecke gewährleistet



Radprofil B75Ropt und Monitoring Rad/Schiene System mit moderner Messtechnik erfolgreich eingeführt

Schwebebahnbetrieb in Ursprungszustand zurück versetzt

3. Nach neuer Spezifikation hergestellte Räder erreichen Laufleistungen von mehr als 65 Tkm bis zur Reprofilierung
 - Radbearbeitung wieder in Zwischenuntersuchung der Fahrzeuge integriert
4. Anhebung Fahrgeschwindigkeit von 40 auf 60 km/h im April 2023 umgesetzt
5. Lichtraum-optimierte Spurkranzkuppe ermöglicht Anhebung des zulässigen vertikalen Verschleißmaßes der Fahrschienen

**Optimierung der Instandhaltung und Erhöhung der
Systemleistungsfähigkeit
Signifikante Verbesserung der Wirtschaftlichkeit**



Haben Sie Fragen?



Sprechen Sie uns persönlich an...

Dr.-Ing. Katrin Mädler

DB Systemtechnik GmbH Brandenburg-Kirchmöser
Werkstoff- und Fügetechnik

☎ +49 3381 812 337

✉ katrin.maedler@deutschebahn.com

Dipl.-Ing. Thomas Kolbe

DB Systemtechnik GmbH Minden
Prüfungen Fahrzeug-Fahrweg-Wechselwirkung

☎ +49 571 393 5426

✉ thomas.t.kolbe@deutschebahn.com

Dr.-Ing. Christian Kindinger

WSW mobil GmbH
Leitung Technik Verkehr, Betriebsleiter BOStrab
(Schwebebahn)

☎ +49 0202 569 2650

✉ christian.kindinger@wsw-online.de