



Bestimmung des Verschleiß-
minderungspotential der
ÖBB-Lokomotivflotte
Ein Ansatz zur Optimierung des
Bogenlaufverhaltens

- Materialverschleiß – das meist unvermeidbare Übel technischer Betriebsmittel

- Ca. 1.000 eingesetzte Triebfahrzeuge
- Mehr als 110 Mio. km jährlich
- 64 Mrd. Bruttotonnenkilometer



⇒ Verschleiß an den stark beanspruchten Teilen der Maschine,
den Rädern der Triebfahrzeuge

- Einsatzspektrum der betrachteten Baureihen 1x16 (Taurus)
 - Schnelle Personenzüge (417 t bei 230 km/h)
 - Schwere Güterzüge (3.000 t bei 90 km/h)



⇒ **Einsatz als Universallokomotive**

- Messverfahren zur Analyse des Radsatzverschleißes
 - Bis 2008 mechanische Messlehren
 - Radreifenabnutzungslehre
 - Radreifendickenlehre
 - Innenabstandslehre

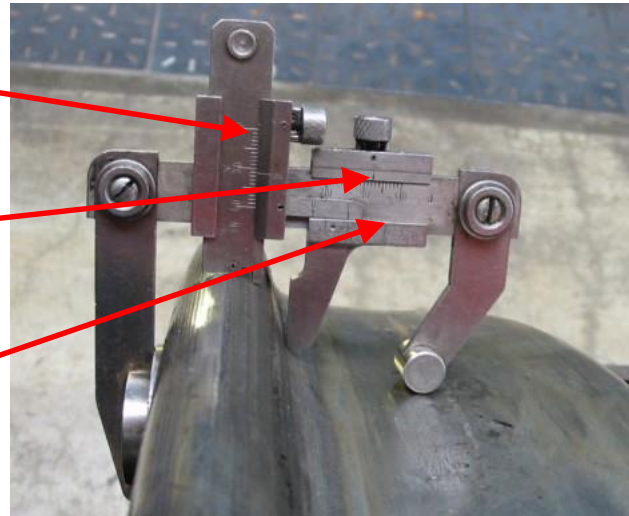
Radreifenabnutzungslehre

Mit der Radreifenabnutzungslehre wird die Abnutzung des Radreifens gemessen.

⇒ Spurkranzhöhe Sh

⇒ Spurkranzdicke Sd

⇒ Spurkranzflanke QR



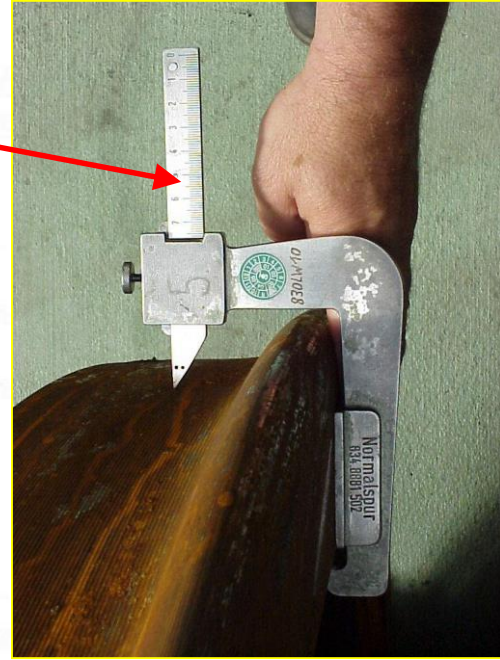
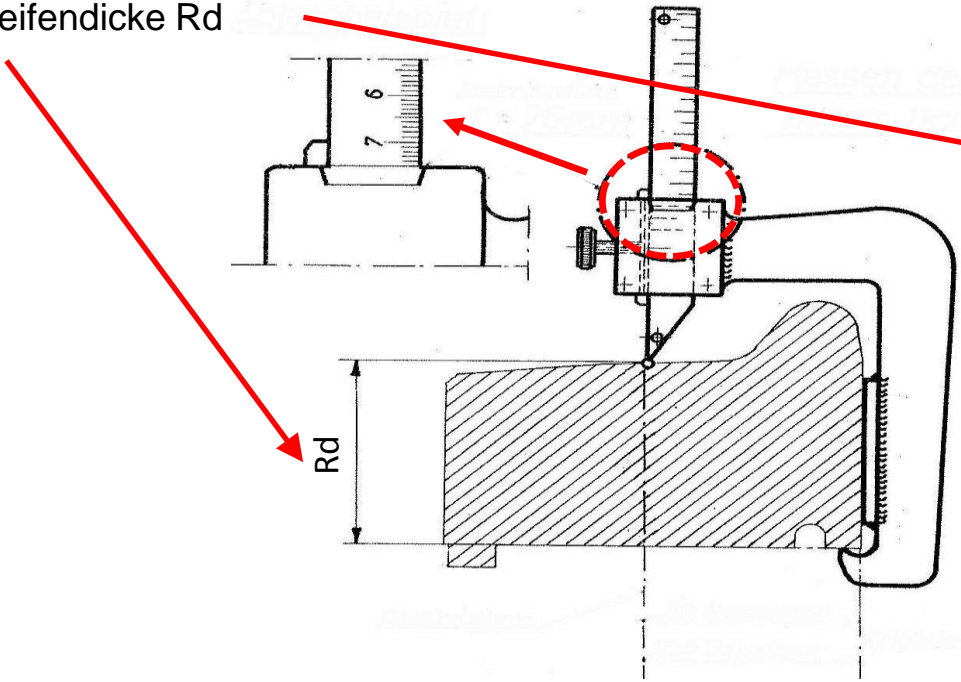
Messen mit der Innenabstandslehre

Der Innenabstand ist mit der Innenabstandslehre in SOK - Ebene zu messen.



Radreifendickenlehre

Radreifendicke Rd



- Messverfahren zur Analyse des Radsatzverschleißes
 - Seit 2008 Radsatzmessgerät Calipri Wheel CW40

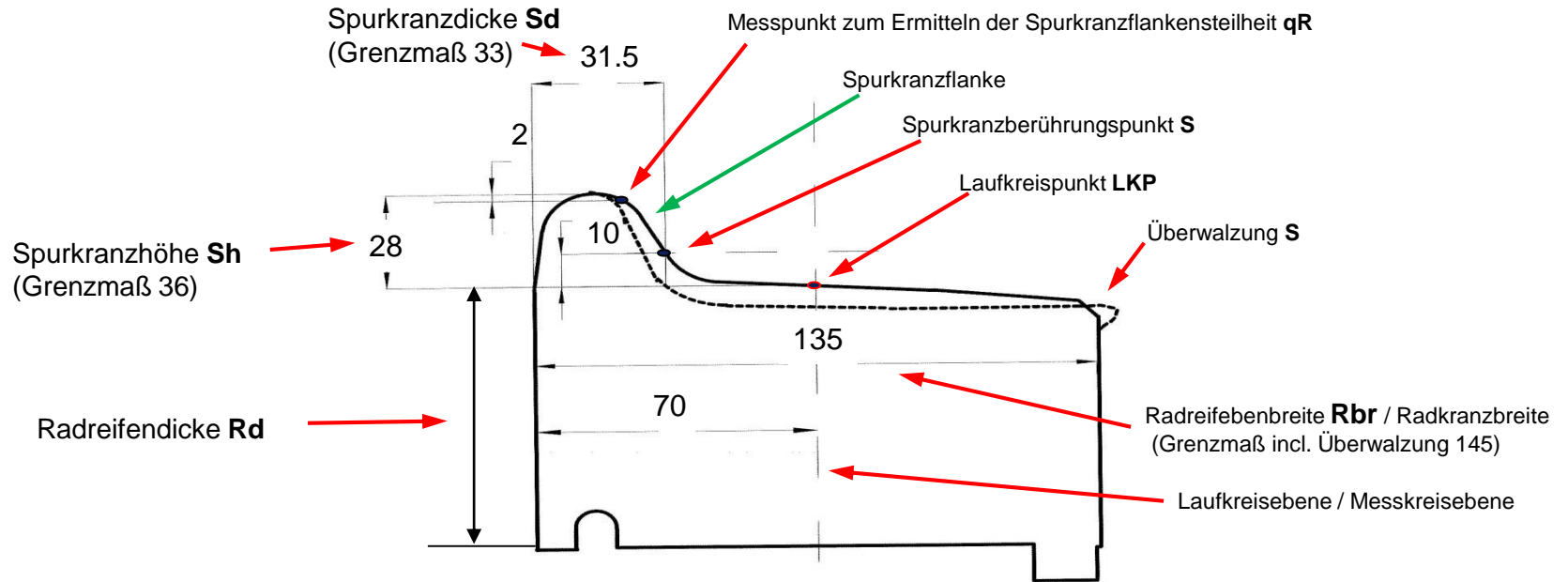
Radsatzmessgerät Calipri Wheel CW40

- Ist ein Messgerät für die Vermessung von Radsätze. Ein optoelektronisches Messgerät erfasst mit Hilfe einer integrierten Kamera sowie eines Lasers die Konturen von Radreifen oder Bremsscheibe.
- Eine spezielle Software wertet binnen Sekunden die erfassten Radreifendaten aus und zeigt diese dem Benutzer an.
- Die Radreifendaten werden über eine Schnittstelle in die Radreifendatenbank exportiert.
- Dazu ist eine SAM-Auftagsnummer und eine Personalnummer notwendig.

- 1 Transportkoffer
- 2 Rechner
- 3 Ladegerät (nicht sichtbar)
- 4 Sensorhalter
- 5 Schultergurt
- 6 Ladekabel
- 7 Befestigungselement Prüfnormal
- 8 Prüfnormal
- 9 Sensor
- 10 Hüftgurt
- 11 Y-Kabel
- 12 Netzkabel
- 13 Bedienungsanleitung

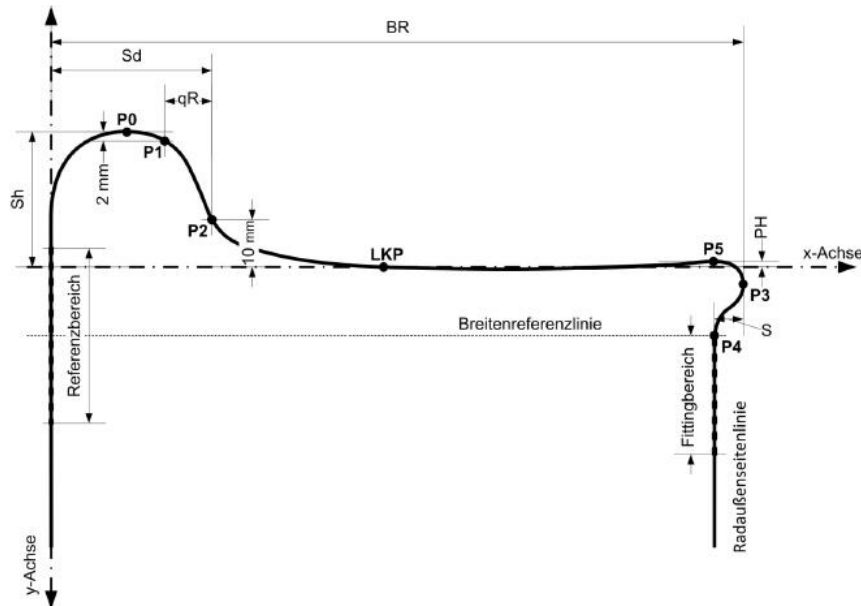


Radsatzmaße für Radsätze (Maße in mm)



Folgende Module können mit Calipri Wheel CW40 gemessen werden:

➤ Radprofil → Sh, Sd, qR, BR, S, PH



▪ Messintervalle

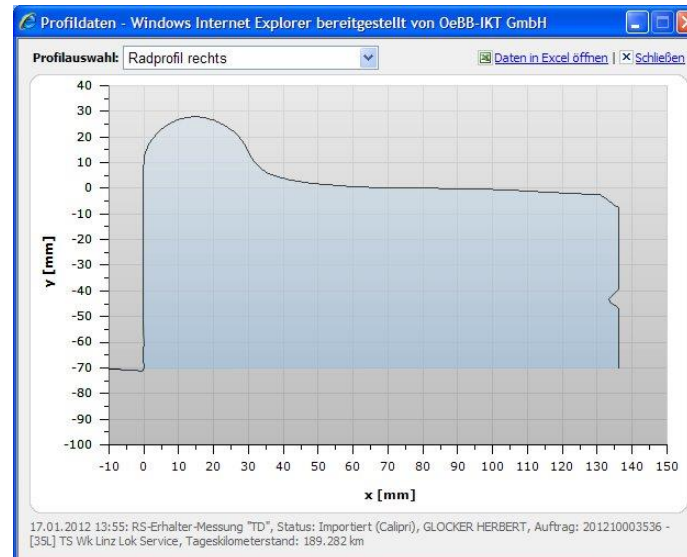
- Ursprünglich bei jeder Fristuntersuchung, also alle 100.000 km
- Später Reduzierung der Messintervalle auf jede Nachschau 3, also alle 60.000 km

⇒ verbesserte Verschleißbeobachtung und damit zielgerichteter Planung von Radsatz-Überarbeitungen und erforderlichen Komponenten-Tauschvorgängen

- Radsatzdatenbank und Prognosewerkzeug
 - Die nunmehr digitalen Messergebnisse der Calipri Messung werden in eine Radsatzdatenbank eingespielt.
 - ⇒ Möglichkeit der Langzeitprognose des Verschleißverhaltens
 - ⇒ Prognose der künftigen Entwicklung des Radsatzprofiles

- Profilentwicklung des Radsatzes am Beispiel der 1116.193

- 17.01.2012



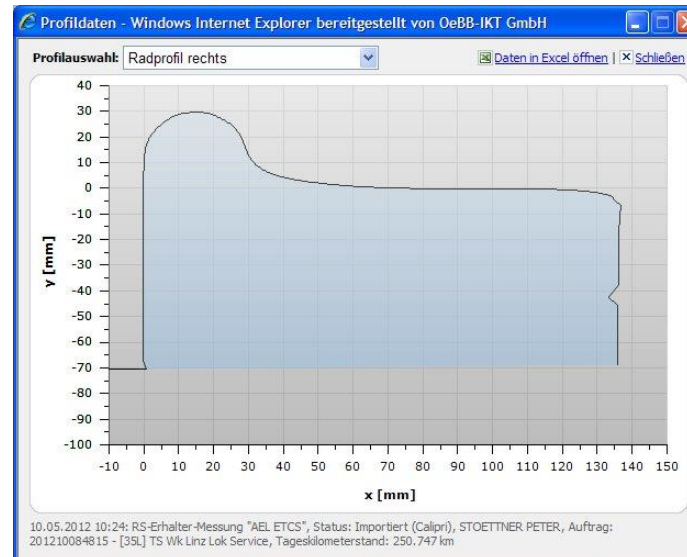
- Profilentwicklung des Radsatzes am Beispiel der 1116.193

- 16.02.2012



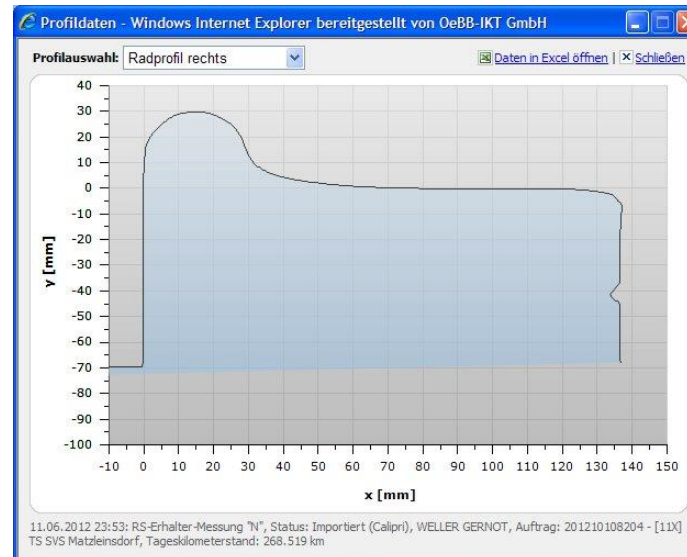
- Profilentwicklung des Radsatzes am Beispiel der 1116.193

- 10.05.2012



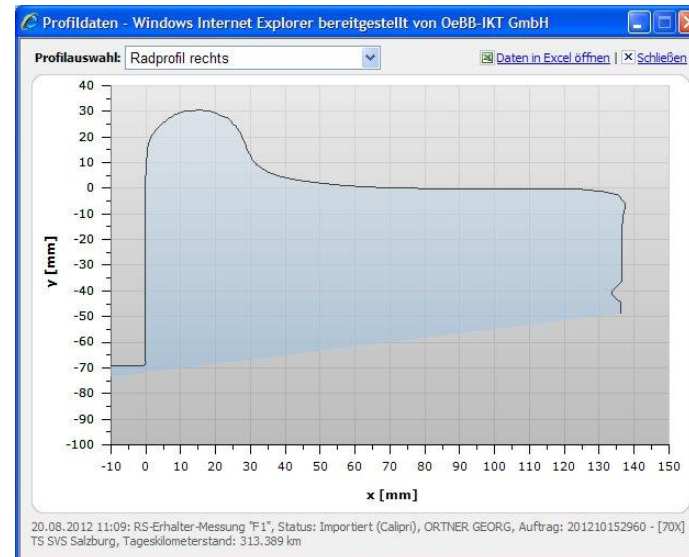
- Profilentwicklung des Radsatzes am Beispiel der 1116.193

- 11.06.2012



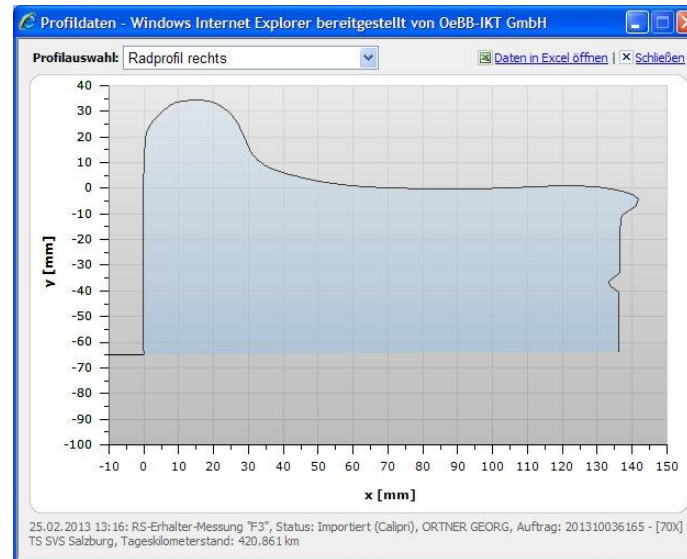
- Profilentwicklung des Radsatzes am Beispiel der 1116.193

- 20.08.2012



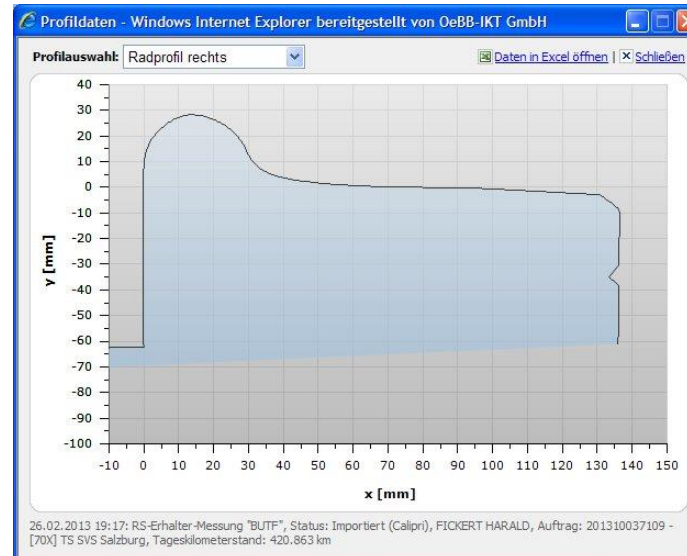
- Profilentwicklung des Radsatzes am Beispiel der 1116.193

- 25.02.2013



- Profilentwicklung des Radsatzes am Beispiel der 1116.193

- 26.02.2013



- Verschleißverhalten

- Generelles Verschleißverhalten:

- Hohllauf oder Auffälligkeiten der Spurkranzflankensteilheit qR wurden im Allgemeinen wenig beobachtet, Laufflächenschäden (Flachstellen, Ausbrüche) treten durch lokseitig integrierte Schutzmaßnahmen nur in Ausnahmefällen auf.

■ Verschleißverhalten

- Abhängig von der Jahreszeit zeigt sich bei Taurus-Triebfahrzeugen dabei folgendes Verschleißverhalten:
 - **Winterhalbjahr:**

Tendenziell kommt es zu einem erhöhten Laufflächenverschleiß, der durch ein Verlagern des Bezugs- bzw. Messpunktes zu einer (scheinbaren) Spurkranzdickenzunahme führt. Zudem treten Überwalzungen an der Radaußenseite auf.
 - **Sommerhalbjahr:**

Spurkranzverschleiß und Laufflächenverschleiß halten sich in etwa die Waage, die Überwalzungen sind aber auch in diesem Intervall feststellbar.

■ Prognosewerkzeug

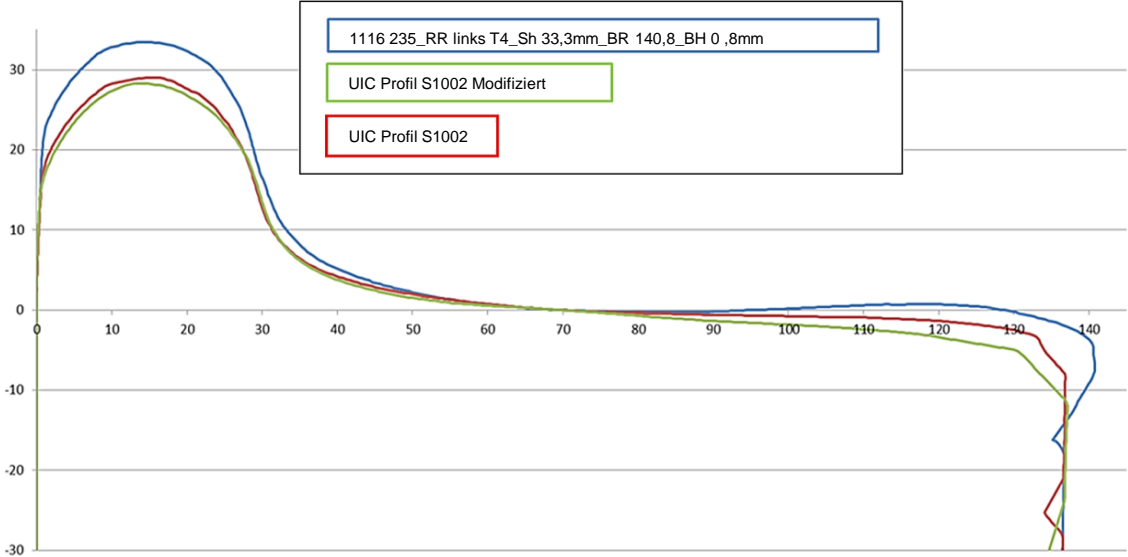
- Aufbauend auf den Langzeitbeobachtungen, werden folgende Aspekte betrachtet:
 - **Bandagenbreite des Radsatzes:**
Abhängig von der aktuell gemessenen Überwälzung und der bisher beobachteten Zunahme Geschwindigkeit (Formänderungsrate) wird eine Prognose gestellt, wann der Radsatz überdreht werden muss.
 - **Laufkreisdurchmesser:**
Es wird eine Prognose erstellt, wie lange ein Radsatz vor einem allfälligen Radsatztausch noch verwendet werden kann, beziehungsweise ob und wann ein (vorgezogenes) Überdrehen des Radsatzes noch möglich bzw. sinnvoll ist.
 - **Spurkranzdickenzunahme:**
besonderer Augenmerk wird im Winterhalbjahr zusätzlich auf diesen Bereich sich rasch entwickelnder Werte gelegt, um rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können

- Bisher gesetzte Maßnahmen
 - Verschleißverhalten im Bereich der Radreifenbreite
 - Überwalzungen und somit Zunahme der Bandagenbreite ist ein zentrales Thema.
 - ⇒ Maßnahmen im Bereich der Materialwahl (Zunahme der Härte von R8 auf R9)
 - Profilanpassung von UIC ORE Einheitsprofile S1002
 - ⇒ Neues Profil S1002 Modi
 - Profiladaptierung für letzte Reprofilierung

- Bisher gesetzte Maßnahmen

- Profilanpassung aufgrund der gesammelten Erfahrungen und Simulationen :
 - Spurkranzdicke: Reduktion der Spurkranzdicke von 32,5 auf 31,5 mm
 - Erhöhung der Neigung des Laufflächenprofils ab dem Laufkreispunkt auf 15 ‰ (Reduzierung der Entwicklung von Überwalzungen).

- Profilanpassung:



- Bisher gesetzte Maßnahmen

- Profiladaptierung für letzte Reprofilierung:

- Bei der letzten Reprofilierung wird das ursprüngliche Profil herangezogen.

Hintergrund: Radsatzrille als Kennzeichnung des Minimaldurchmessers im Monoblocrad.
aus geometrischen Zwängen Reprofilierung nur bis zu einem definierten Durchmesser
möglich (Situation verschärft durch Profil mit größerer Steigung im Außenbereich)
letzter Bearbeitungsdurchmesser würde noch früher erreicht

⇒ Aufbringung des ursprünglichen Profiles (UIC S1002 Standard)

▪ Geplante Maßnahmen

- Der Radsatzverschleiß am Spurkranz wird vor allem durch das Befahren von in der österreichischen Schieneninfrastruktur häufig vorkommenden (sehr) engen Bögen bestimmt.
- In der Geraden sind andere Einflüsse als im Bogenlauf maßgebend (Antriebssteuerung/Sinuslauf).

⇒ Verschleißverhalten in der Bogenfahrt soll positiv beeinflusst werden

- Geplante Maßnahmen
 - Aktive Drehdämpfer:
 - das Drehgestell erkennt über eine programmierte Logik die Einfahrt in einen Bogenbereich.
 - Ein hydraulisches System drückt das Drehgestell in Folge aktiv in den Bogen
- ⇒ Ausdrehwiderstand und damit der Radsatzverschleiß sollen sich verringern.

- Aktive Drehdämpfer:



- Geplante Maßnahmen
 - frequenzselektive Dämpfer:
 - die Kennlinie des Dämpfers frequenzabhängig
 - Weichere Kennlinie bis zu Frequenzen von ca. 5 Hz, darüber normale Kennlinie
- ⇒ ein leichteres Einlenken des Drehgestells in den Gleisbogen wird dadurch ermöglicht

- frequenzselektive Drehdämpfer:

Technology Line
iFSD – inverted Frequency Selective Damping
Operating principles



- Erwarteter Nutzen

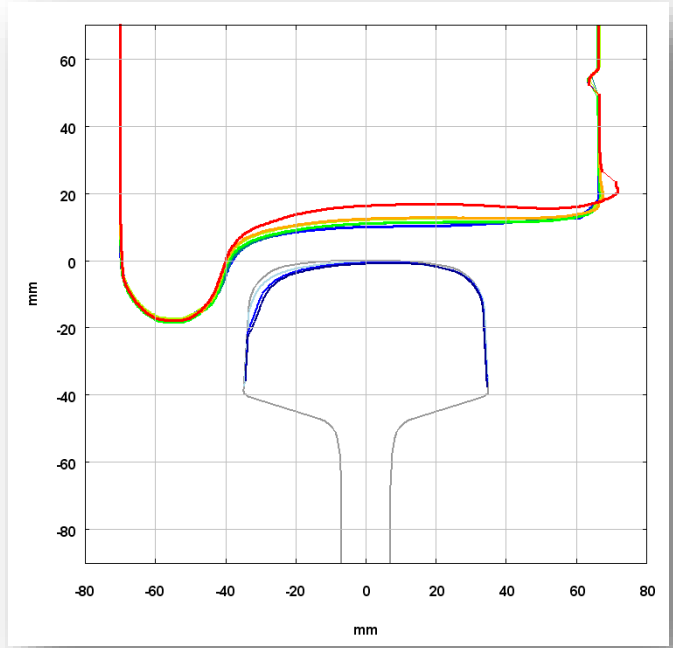
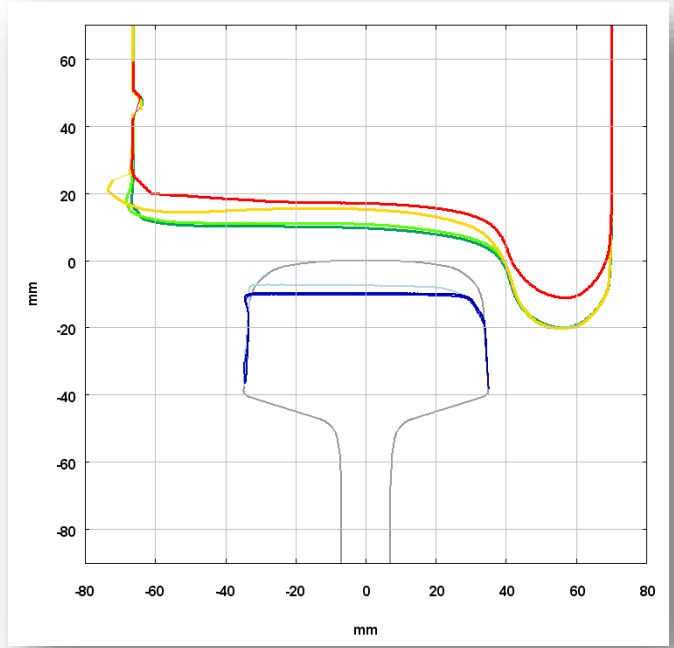
- Verringerung von auftretenden Querkräften in der Bogenfahrt
- positiver Effekt sowohl für das Verschleißverhalten des Radsatzes als auch des Gleises
- Erhöhung der Anfahrzugkraft in engen Bögen

Hintergrund: bei Verwendung von kennlinienstarrten Dämpfern ist ein leichtes Aufklettern des Radsatzes bei der Anfahrt in engen Bögen zu beobachten
⇒ Teilenergie steht nicht mehr für die Beschleunigungsfahrt zur Verfügung

- Die Rolle der Schiene in diesem Wechselspiel
 - Verschleißverhalten der Schiene im Bogen:
 - Bogenaußenschiene:
Starker Seitenverschleiß durch die großen Horizontalkräfte
 - Bogeninnenschiene:
Deutlich ausgeprägter Höhenverschleiß

***⇒ Verschleißminderungspotenzial durch verbesserte Fahrzeugeigenschaften ist
gleisseitig im Bogen gegeben!!***

Beispielhafte Profilentwicklung bei Taurus-Rädern (unterschiedliche Radsätze!) und der Schienen eines 180 m-Gleisbogens:



- Rahmenbedingungen bei der Analyse des erhöhten Schienenverschleißes:
 - Viele verschiedene Fahrzeuge
 - unterschiedliche Laufeigenschaften
 - sich ändernde Häufigkeit und Zusammenstellung in der Zugbildung

Verschleißänderung an der Schiene durch eine fahrzeugseitige Einzelmaßnahme nur sehr schwer beobachtbar !

⇒ Schaffung von bestmöglichen Rahmenbedingungen zur Ermittlung und Verifizierung des (Einzel-)Verschleißbeitrags

- Passender Gleisbogen:

Benötigte Wirkung der Dämpferkomponenten (aktiv & passiv):

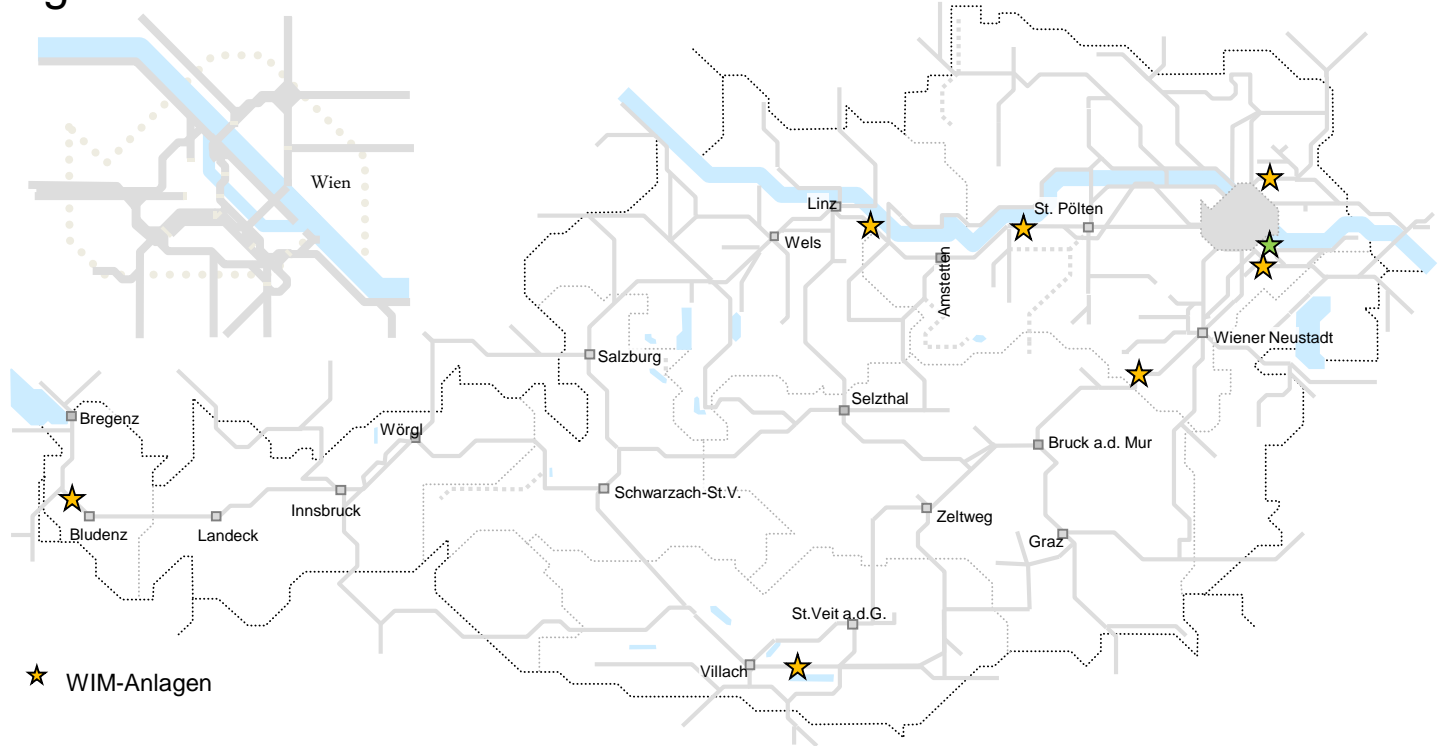
- in Gleisen mit (sehr) kleinen Bogenradien
- im Weichenbereich (ab 190m)

Maximale Anzahl Messungen der untersuchten Züge,
Einfluss durch nicht untersuchte Züge gering!

- Messung von Rad-Schiene-Kräften

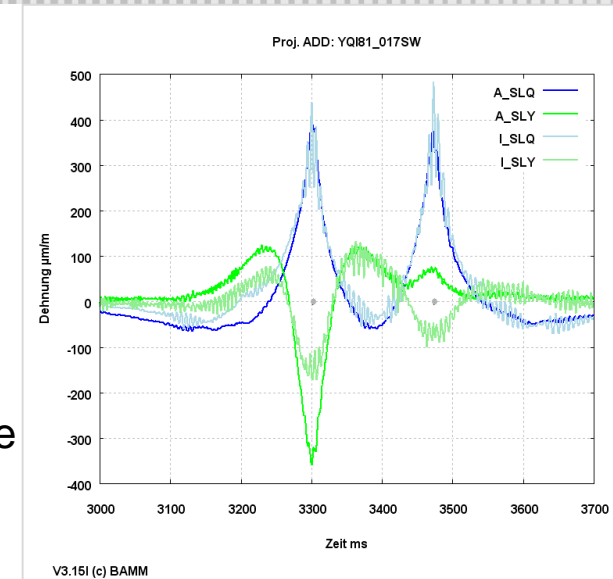
Mehrere ortsfest installierte Messstellen im Netz der ÖBB, davon 3 Bogenmessstellen.

- Ermittlung von Rad-Schiene-Kräften



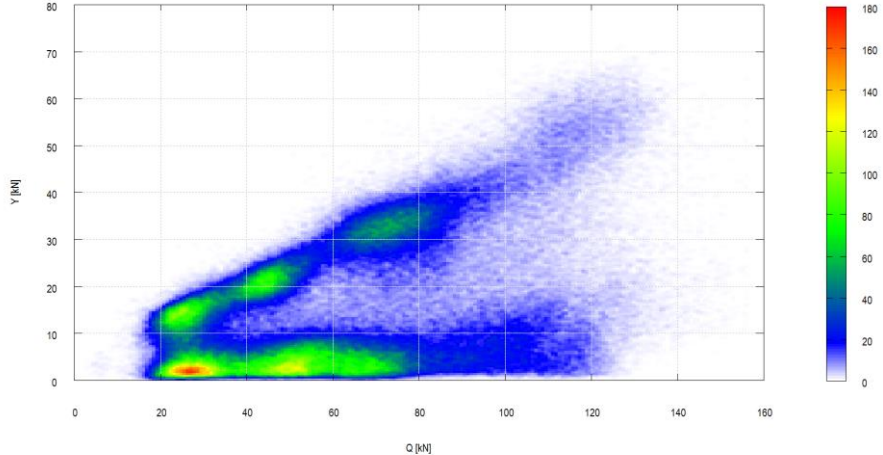
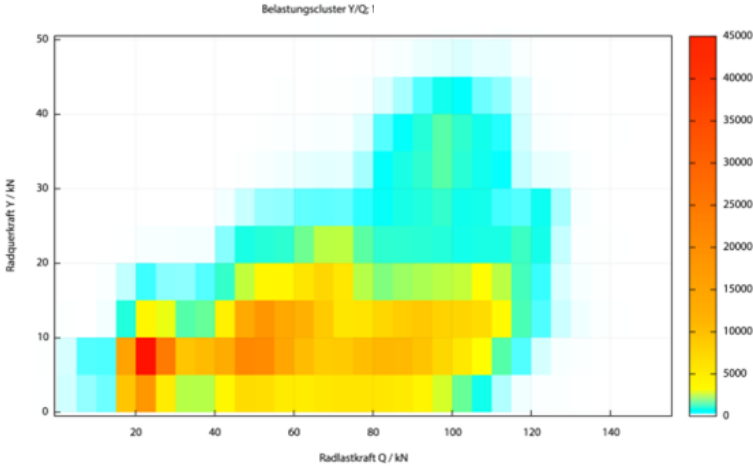
■ Messen an der Schiene

- Mögliche Beurteilungsgrößen:
 - Dynamische und quasistatische Vertikalkraft
 - Dynamische und quasistatische Querkraft
 - Dynamische und quasistatische Längskraft
 - Geschwindigkeit/Beschleunigung bis auf Radebene
 - alle aus der Radkraft ableitbaren Massegrößen
 - Anlaufwinkel der Radsätze

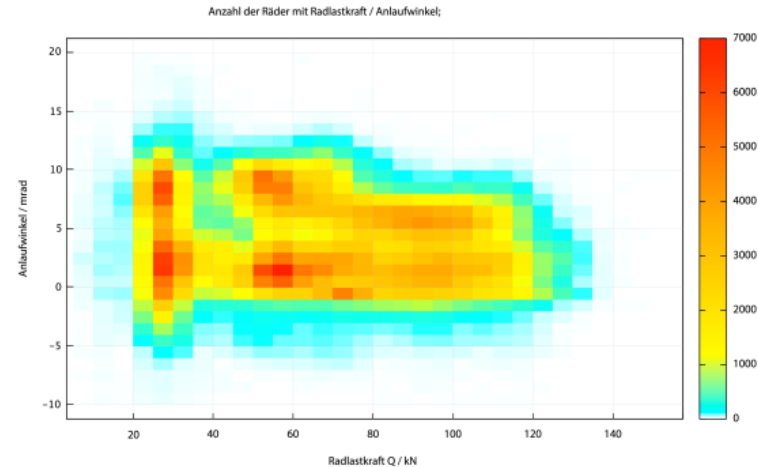


⇒ Basis für die Einstufung der Fahrzeuge in ihrem Lauf- bzw. Gleisschädigungsverhalten!

- Ist-Analyse / Verteilung der Radlast horizontal und vertikal



- Ist-Analyse / Verteilung der Radlast und des Anlaufwinkels



■ Prognosetool für Seitenverschleiß

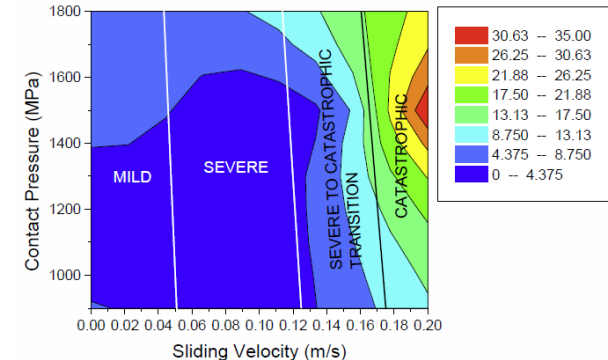
- Verschleißverhalten nach Archard:

$$V = \frac{K * P * d}{h}$$

Verschleißvolumen proportional zur Normalkraft und
umgekehrt proportional zur Materialhärte

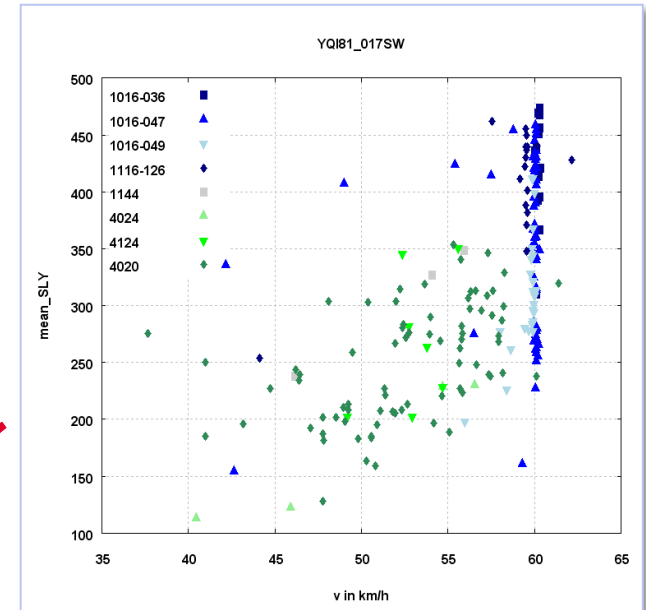
Proportionalitätsfaktor (Verschleißkoeffizient) abhängig von

- Schlupf
- Flächenpressung



Lewis, R., Dwyer-Joyce, R.S., Olofsson, U. and Hallam R.I. (2004) Wheel material wear mechanisms and transitions. In: 14th Wheelset Congress, 17-21 Oct., Orlando, USA.

- Für die Einzelanalyse erforderliche Daten:
 - Rad-Schiene-Berührgeometrie
 - ✓ Fahrzeug-ID
 - ✓ Radsatz-Geometrie
 - ✓ Profil-Daten
 - Rad-Schiene-Normaldruckverteilung
 - ✓ Vertikalkräfte
 - ✓ Horizontalkräfte
 - Schlupfverhältnisse
 - ✓ Fahrzeuggeschwindigkeit
 - ✓ Rad(satz)-Geometrie
 - ✓ Anlaufwinkel



Die Gesamtwirksamkeit der Maßnahmen kann gleisseitig ermittelt werden.

- Weitere Meilensteine
 - Messkampagne für Anfahrzugkräfte in der Bogenanfahrt



- Messkampagne für Anfahrzugkräfte in der Bogenanfahrt
 - Ermittlung der Anfahrzugkräfte von mit dem jeweiligen Dämpfersystem ausgestatteten Lokomotiven (bei der Anfahrt in engen Bögen)
 - Gleichzeitiges Messen der auf die Schieneninfrastruktur einwirkenden Kräfte
 - Erstellen einer geänderten Verschleißprognose

- Weitere Meilensteine

- Modifiziertes Radprofil: je nach Verschleißbeobachtungen am Radsatz
 - ⇒ Wichtig: Zusammenspiel mit der vorhandenen Schieneninfrastruktur, Verschleiß von Rad *und* Schiene soll positiv beeinflusst werden!
- Flottenweiter Einsatz der geänderten Dämpfer
 - ⇒ abhängig von den der Erfahrungen der Messkampagne

Vielen Dank

H. Tisch, ÖBB Produktion GmbH

R. Schmid, ÖBB Infrastruktur AG

P. Mittermayr, BAMM

D. Salvenmoser, ÖBB Technische Services GmbH

W. Zottl, ÖBB Infrastruktur AG