

COMET MPPE project - A6.16 “High performance railway crossings”
**Erfahrungen mit neuen Werkstoffen in starren
Herzstücken – Wissenschaftliche Untersuchungen in
Verbindung mit Gleistests bei den ÖBB**

20. Internationale Tagung des Arbeitskreises Eisenbahntechnik (Fahrweg) der Österreichischen
Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft – ÖVG, 15.-17.9.2015, Salzburg

Peter Dornig¹
Uwe Oßberger^{2,3}

¹ ÖBB Infrastruktur GmbH,

² Materials Center Leoben Forschung GmbH,

³ voestalpine VAE GmbH



Competence Centers for
Excellent Technologies

Inhalt

- Einleitung
- Versuchsstandorte
- Geometrieveränderung der verschiedenen Werkstoffe
- Beschreibung der Geometriebewertungsmethode
- Der geometrische Anpassungsvorgang von starren Herzstücken
- Zusammenfassung und Ausblick

Inhalt

- Einleitung
- Versuchsstandorte
- Geometrieveränderung der verschiedenen Werkstoffe
- Beschreibung der Geometriebewertungsmethode
- Der geometrische Anpassungsvorgang von starren Herzstücken
- Zusammenfassung und Ausblick

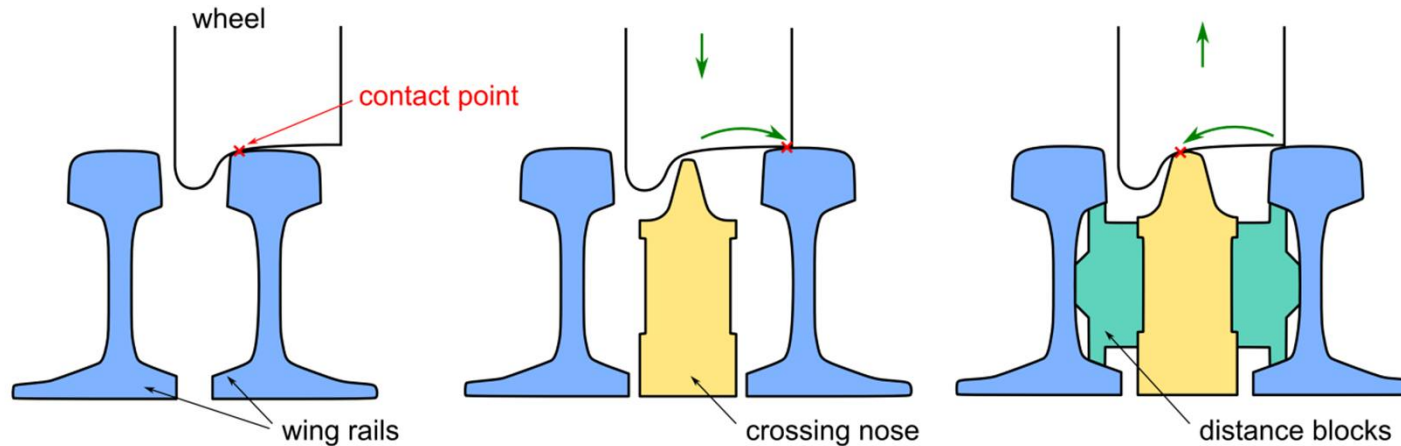
Projektziel:

Ziel des Projektes ist die Schaffung der Grundlagen für *Design, Herstellung* und *Zuverlässigkeit* von High Performance Weichenherzen.

Insbesondere werden folgende Schwerpunkte verfolgt:

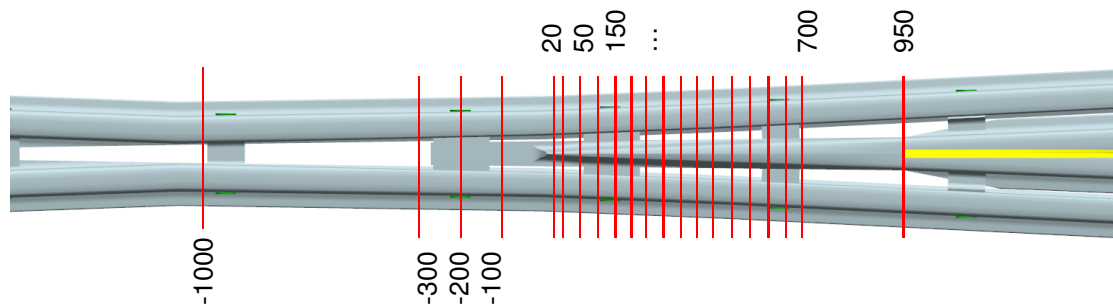
- Verringerung der **Life Cycle Costs** (Anschaffung, Inspektion, Wartung)
- Entwicklung von **Design Konzepten** für zuverlässige Weichenherzen
- Entwicklung und **Fertigungskonzepten** für die Herstellung von Weichenherzen aus alternativen Werkstoffen.
- Verfolgung des **Einsatzverhaltens** von Weichenherzen und Rückschlüsse hinsichtlich optimaler Weichentechnologie für spezifische Belastungen.

Bewegung eines Rades während der Fahrt durch ein starres Herzstück:



Die Konizität der Räder führt beim Übergang zu:

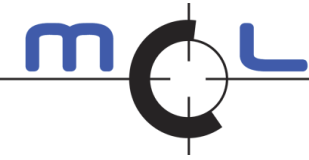
- Schlupf, aufgrund der unterschiedlichen Rollradien
- Hohe Kontaktkräfte (= Stoßbelastung) aufgrund der vertikalen Radbewegung (= ungefederte Radmasse)



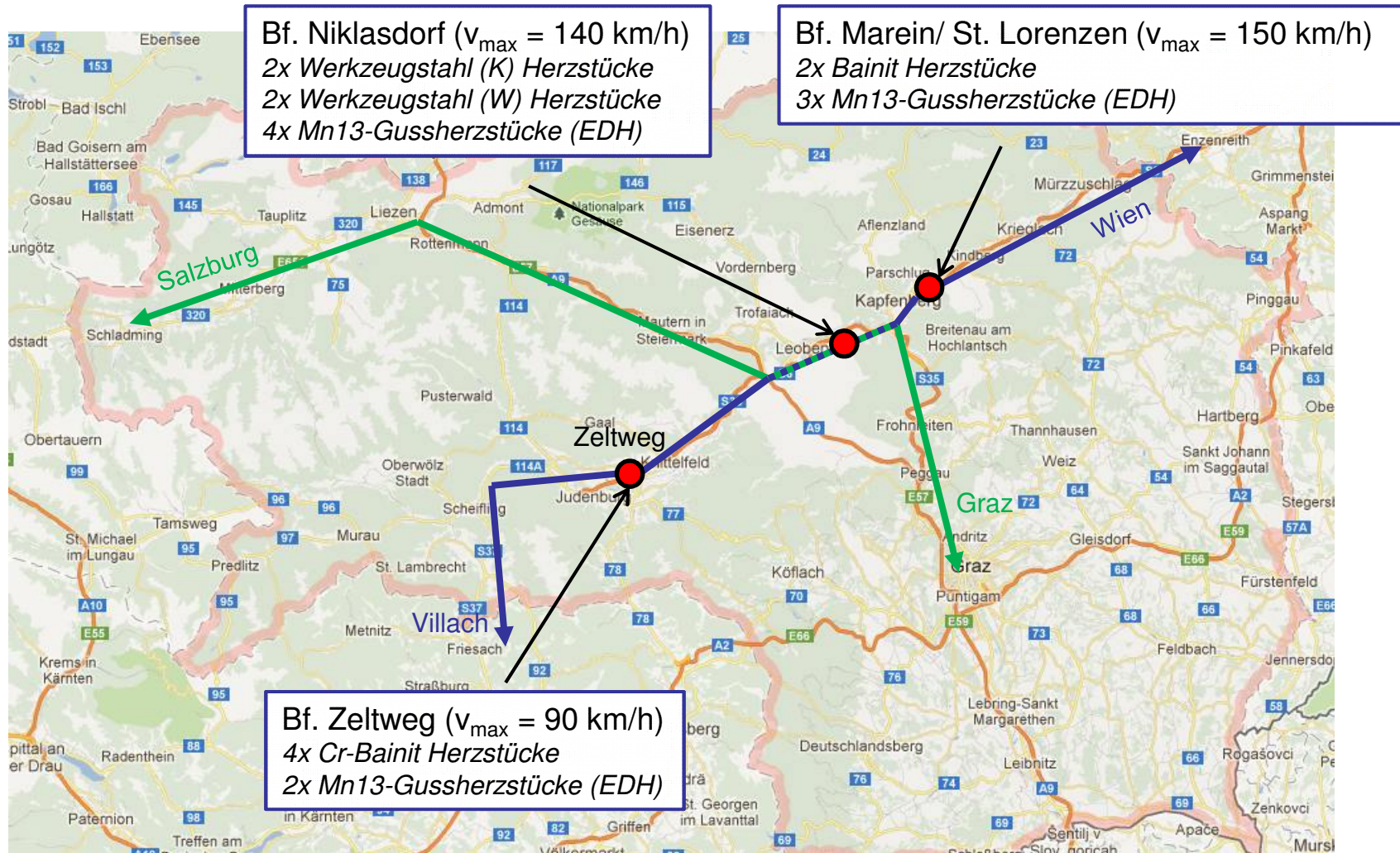
Gemessene Querschnitte



Einleitung



Feldversuche in Österreich:

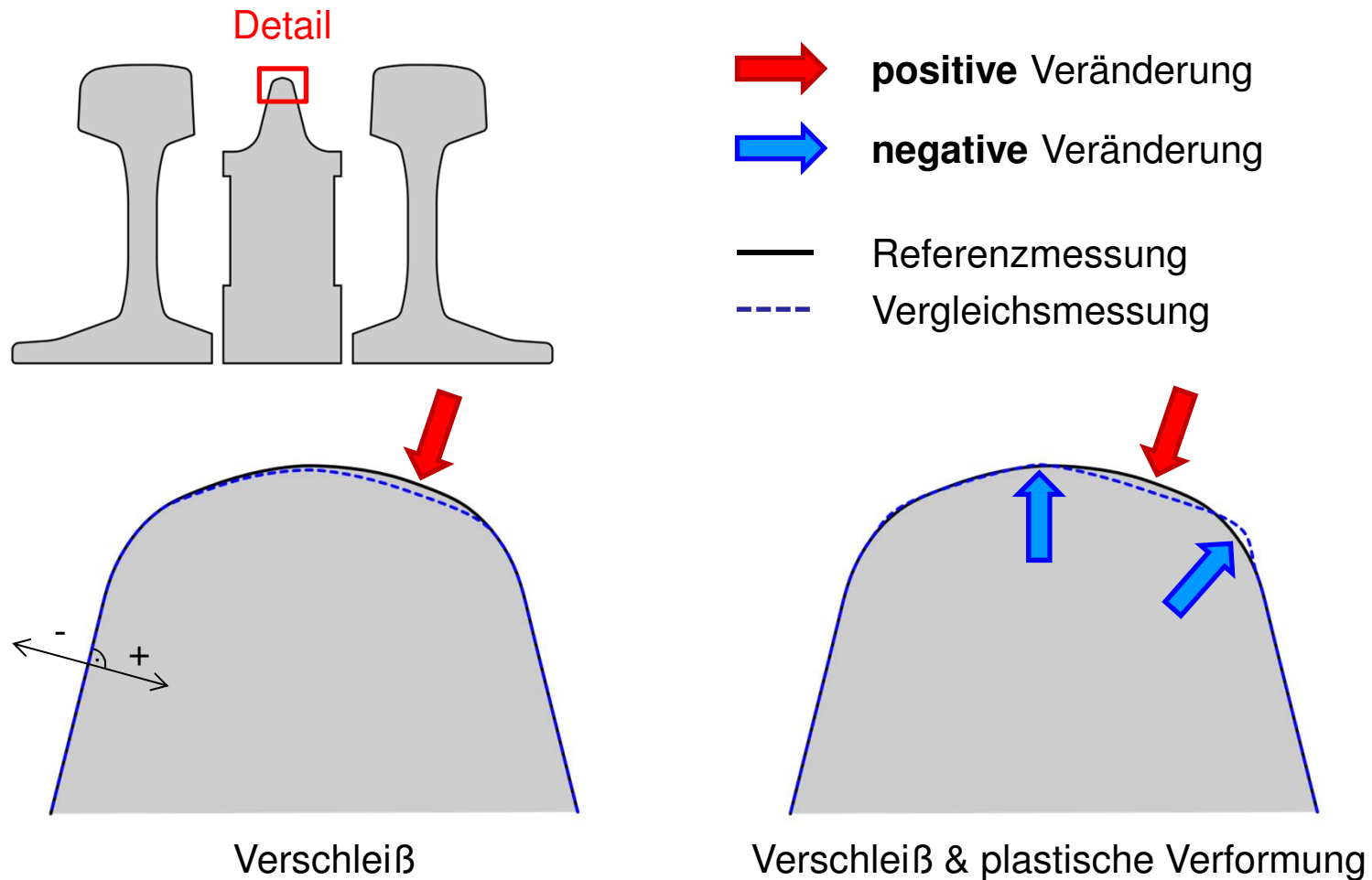


Σ 20 Weichen (60E1–500m–1:12) werden beobachtet \rightarrow 5 verschiedene Werkstoffe

Inhalt

- Einleitung
- Versuchsstandorte
- **Geometrieveränderung der verschiedenen Werkstoffe**
- Beschreibung der Geometriebewertungsmethode
- Der geometrische Anpassungsvorgang von starren Herzstücken
- Zusammenfassung und Ausblick

Ziel: Darstellung der Geometrieänderung über die Zeit

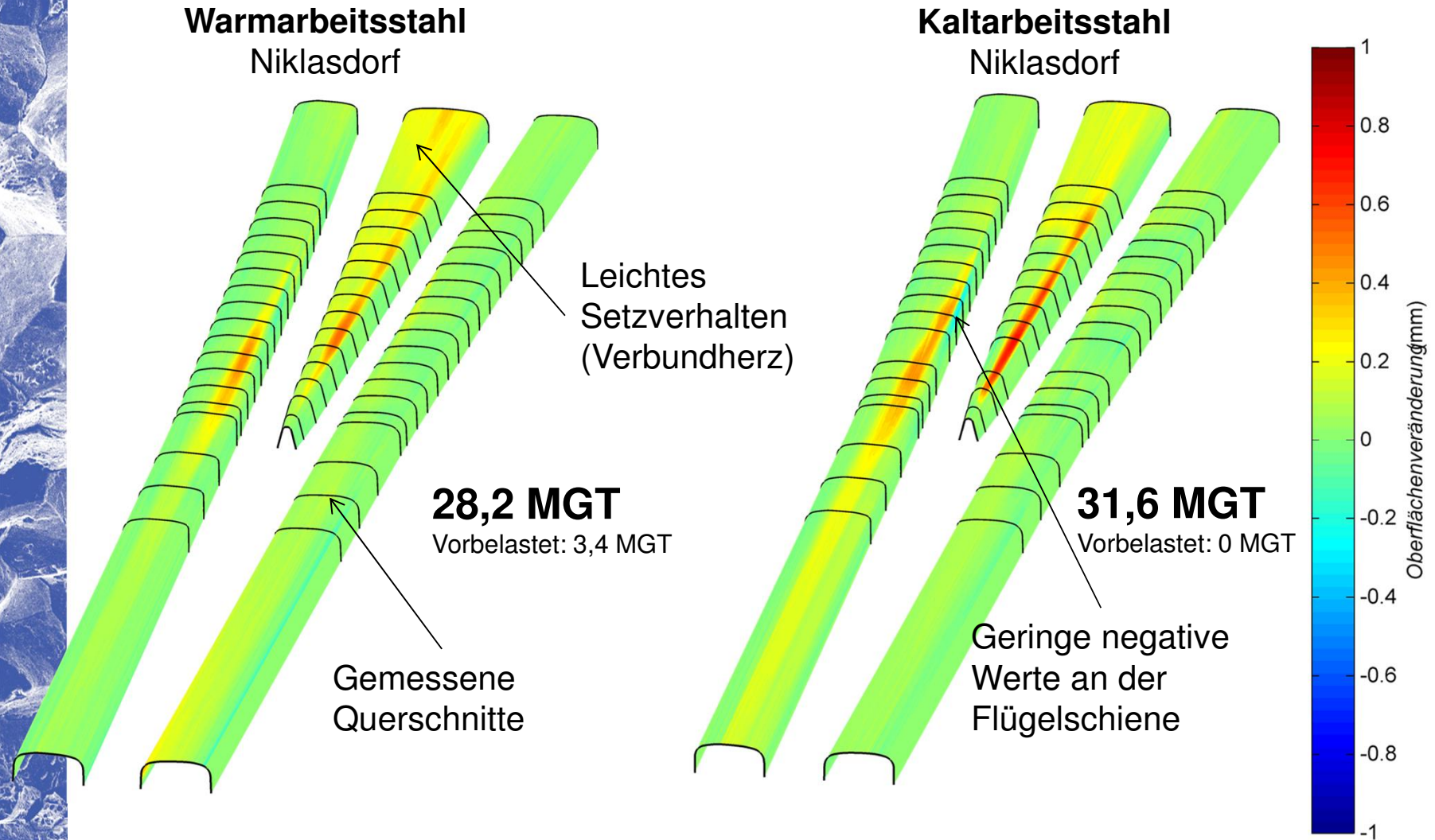


- Wenn makroskopische plastische Verformung auftritt ist dies mit „negativer“ Geometrieänderung verbunden.

Geometrieänderung der verschiedenen Werkstoffe



Geometrieänderung der Werkzeugstahl Herzspitzen mit 400UHC Flügelnschienen:



An der Herzspitze: Ausschließlich Geometrieänderung durch **Verschleiß!**

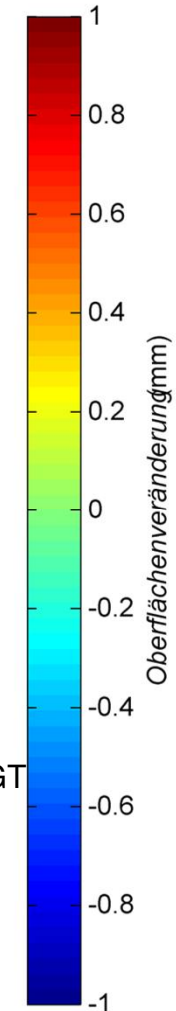
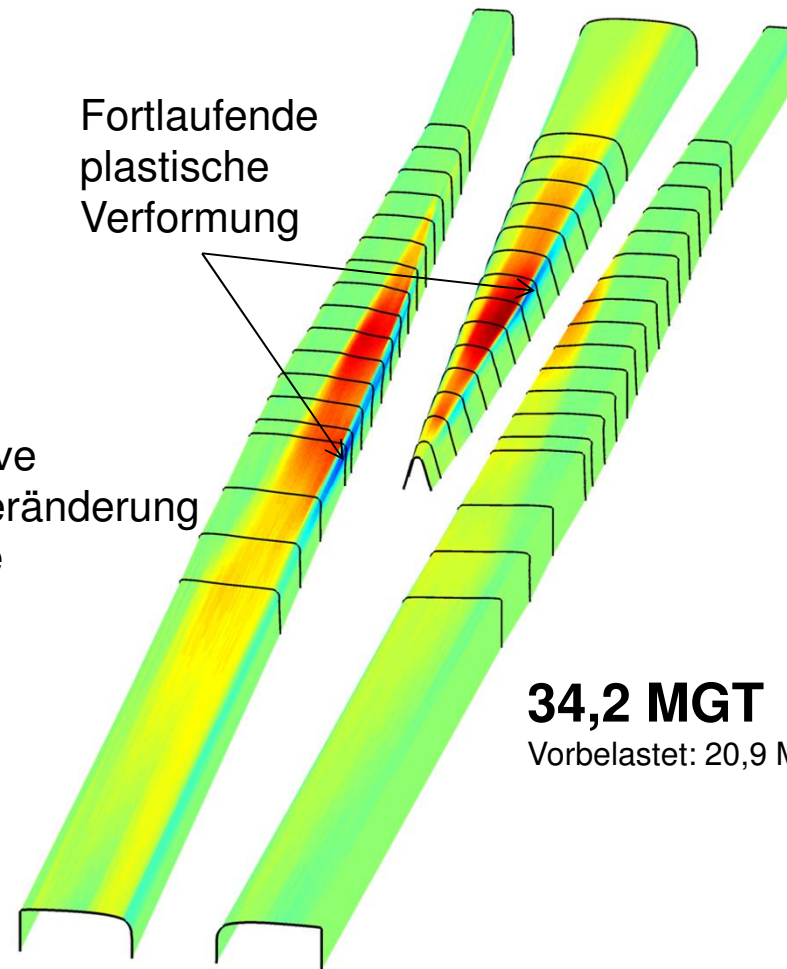
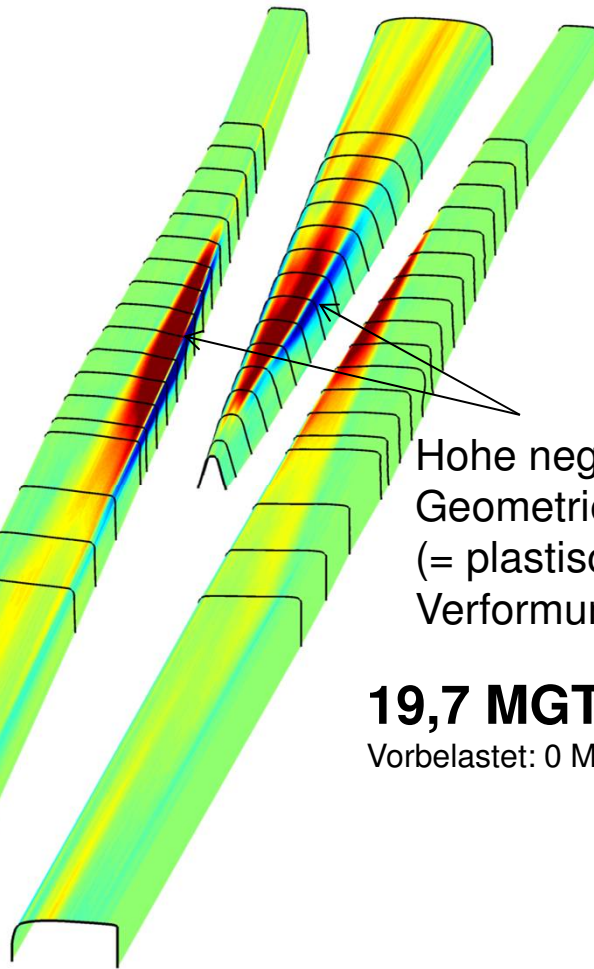
Geometrieänderung der verschiedenen Werkstoffe



Geometrieänderung der Mn13-Stahl Gussherzstücke (EDH):

Mn13-Guss (EDH)
IBW, Zeltweg

Mn13-Guss (EDH)
Niklasdorf

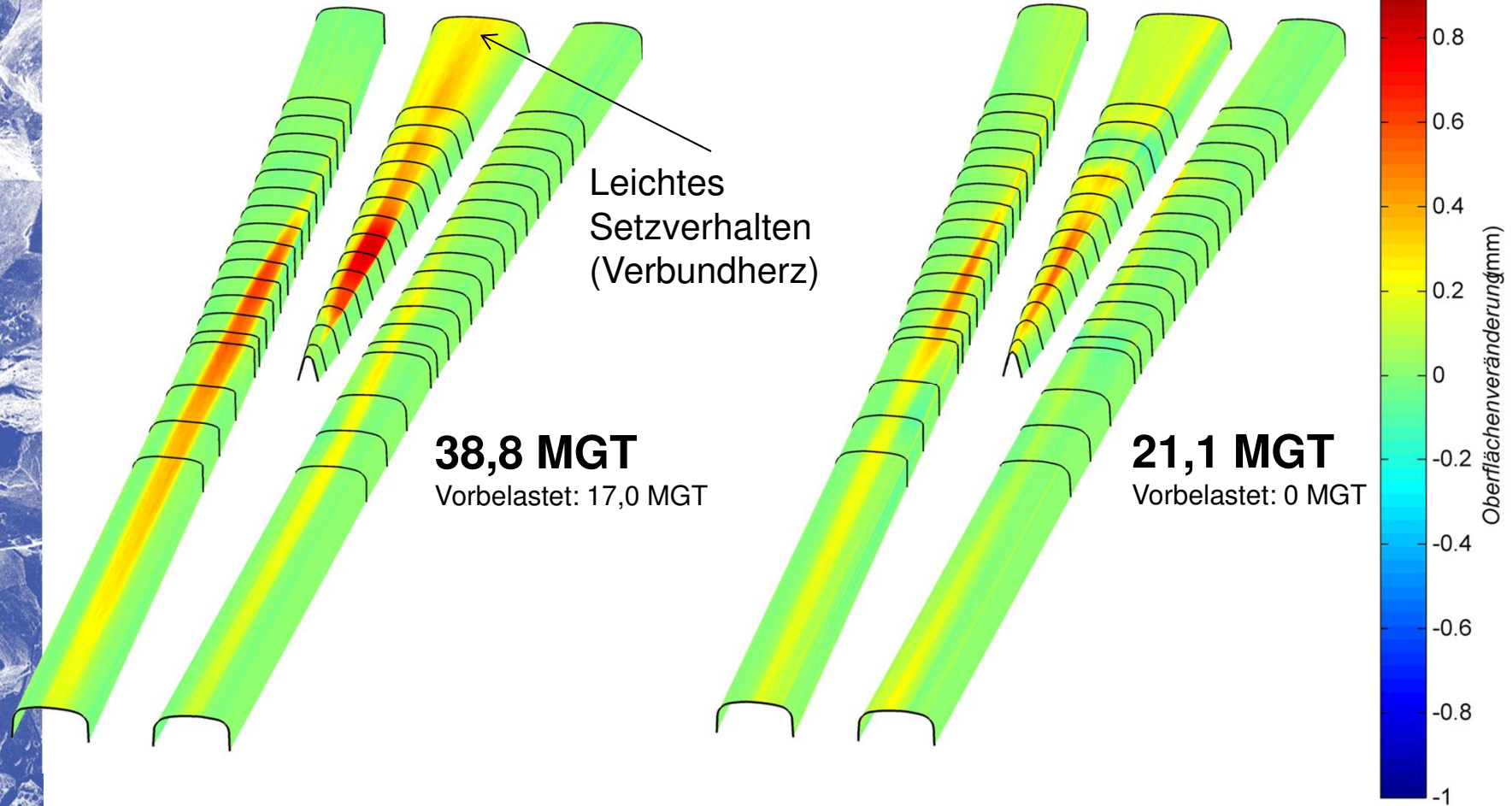


Geometrieänderung durch **plastische Anpassung** und **Verschleiß!**

Geometrieänderung der bainitischen Herzstücke

Bainit Schienenstahl
Marein / St. Lorenzen

Cr-Bainit Schienenstahl
Zeltweg



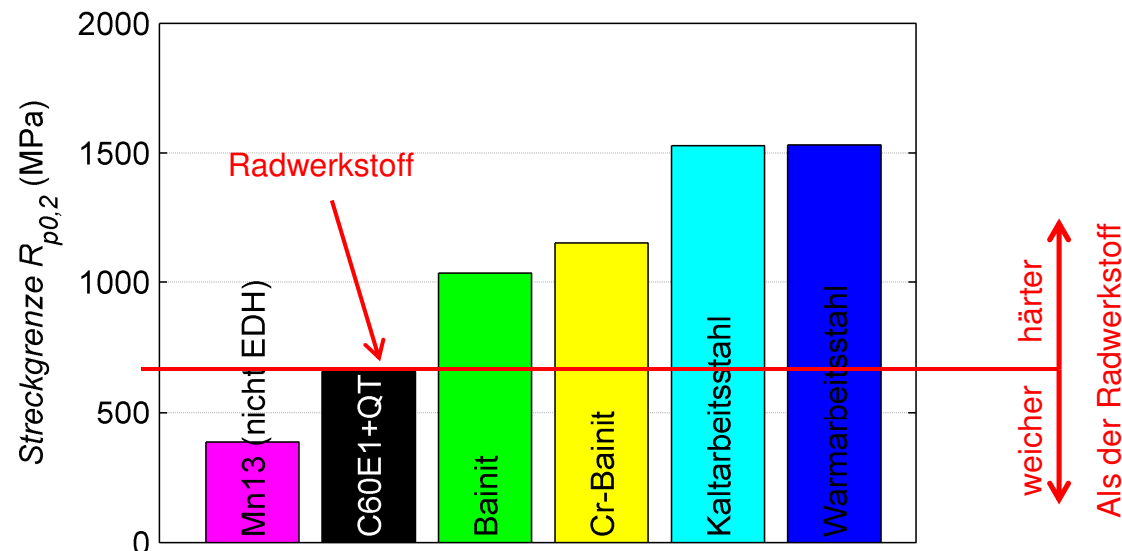
Geometrieänderung nur durch **Verschleiß!**

Zusammenfassung:

- Mn13-Stahl zeigt im Einsatz makroskopisch plastische Verformungen.
- Mn13-Stahl Herzstücke erreichen kein (elastisches) Shakedown Limit. Nach zwei Jahren im Einsatz ist noch immer geringe plastische Verformung erkennbar.
- Alle anderen Werkstoffe zeigten keine makroskopisch plastische Verformung.

Theorie:

- Plastische Verformung findet immer am *weicheren* Kontaktpartner statt
 - Herzspitze *weicher* als der Radwerkstoff ► **Deformation der Herzspitze**
 - Herzspitze *härter* als der Radwerkstoff ► **Deformation des Rades**



Mechanische Eigenschaften von C60E1+QT vergleichbar mit einem Radwerkstoff.

Inhalt

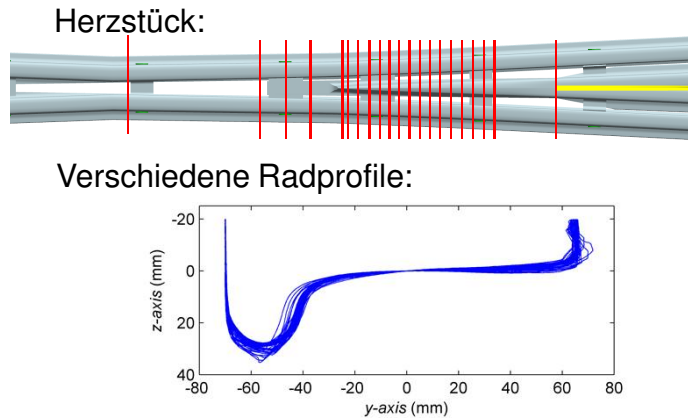
- Einleitung
- Versuchsstandorte
- Geometrieveränderung der verschiedenen Werkstoffe
- **Beschreibung der Geometriebewertungsmethode**
- Der geometrische Anpassungsvorgang von starren Herzstücken
- Zusammenfassung und Ausblick

Beschreibung der Geometriebewertungsmethode

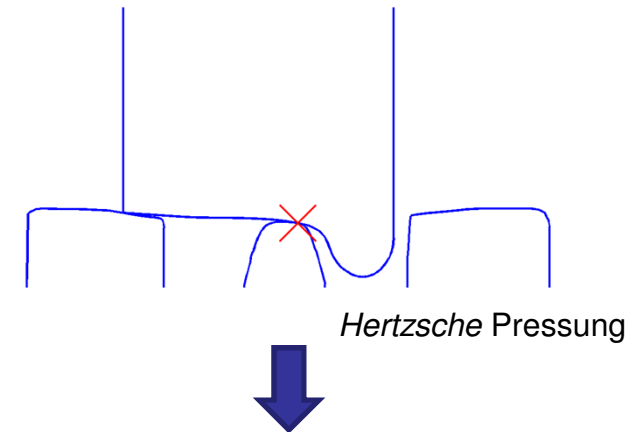


Ziel: Berechnung des Einflusses der geometrischen Veränderung (durch Verformung und Verschleiß) auf das dynamische Überlaufverhalten / Werkstoffbelastung.

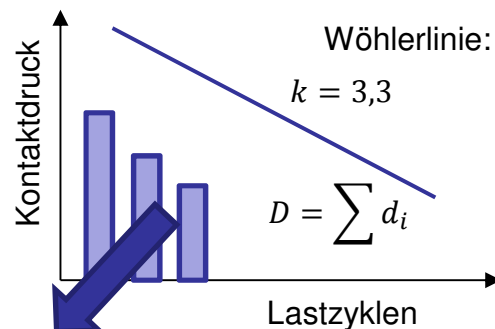
Geometriemessungen



Kontaktberechnung

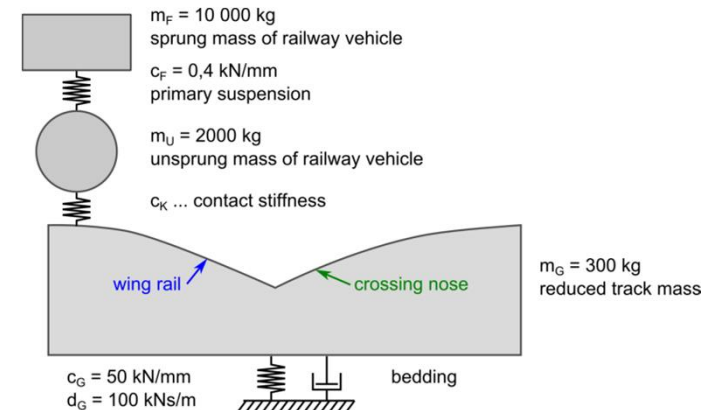


Einfaches Bewertungsmodell



Werkstoffbelastung

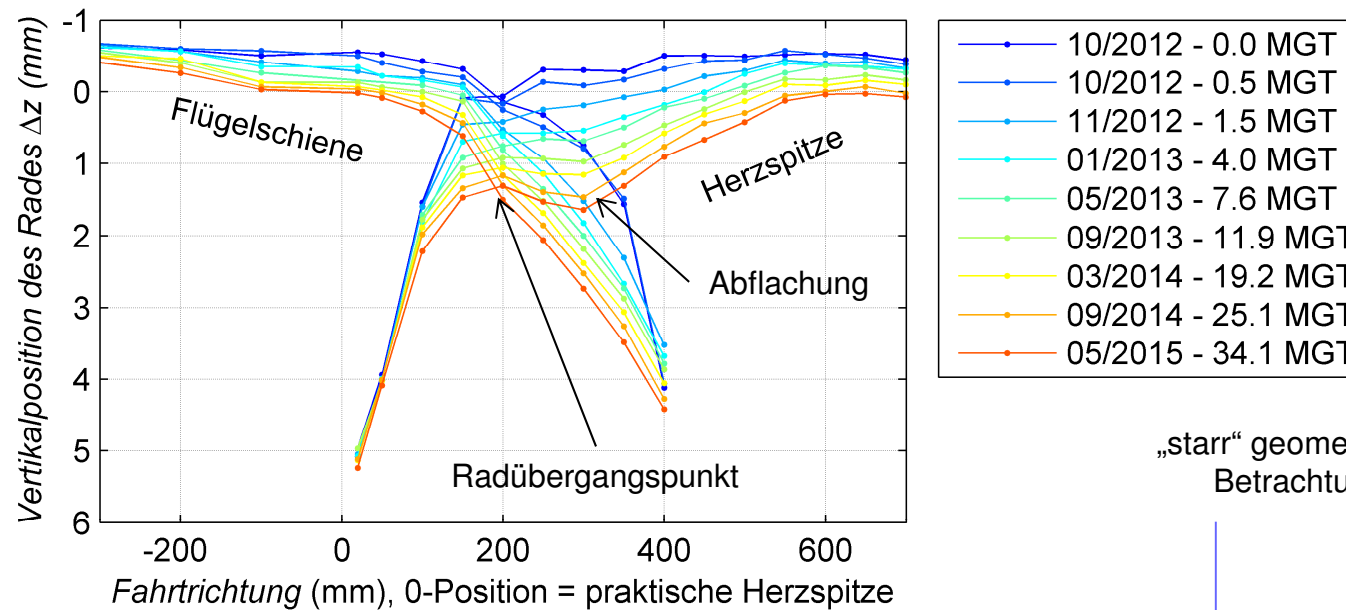
Vereinfachtes MKS-modell



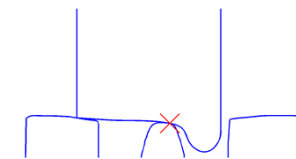
Inhalt

- Einleitung
- Versuchsstandorte
- Geometrieveränderung der verschiedenen Werkstoffe
- Beschreibung der Geometriebewertungsmethode
- **Der geometrische Anpassungsvorgang von starren Herzstücken**
- Zusammenfassung und Ausblick

Zeltweg - Mn13-Gussherz (EDH) in IBW, Befahrungsrichtung *spitz*
Vertikale Radposition, ORE-S1002, Radsatzposition mittig.

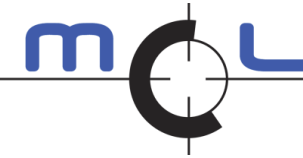


„starr“ geometrische Betrachtung



- Nach 2,5 Jahren im Einsatz hat sich nach dem geometrischen Radübergangspunkt an der Herzspitze eine Abflachung gebildet.
- Diese Abflachung führt zu höhere Vertikalbewegungen des Radsatzes, aber auch einen sanfteren Übergang des Durchschnittsrades.

Geometrische Anpassung

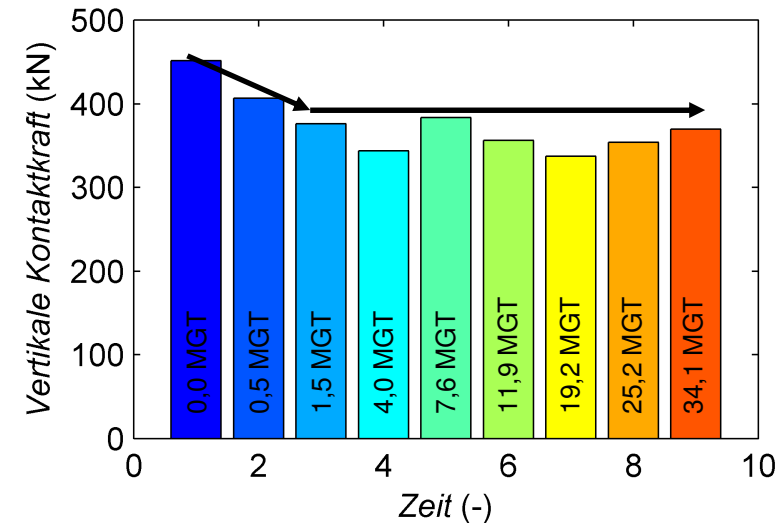
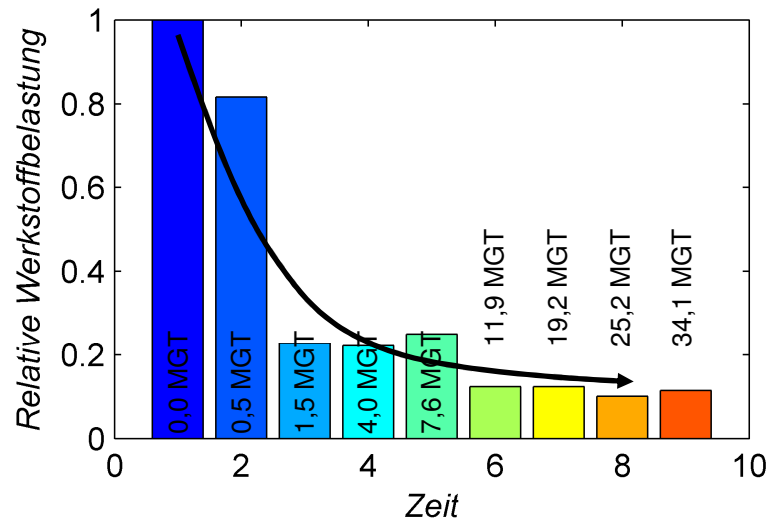


Zeltweg - Mn13-Gusserz (EDH)

MKS der Überrollung mit 64 verschiedenen Radprofilen

Erste Messung - 10/2012: **0,0 MGT**

Letzte Messung – 05/2015: **34,1 MGT**

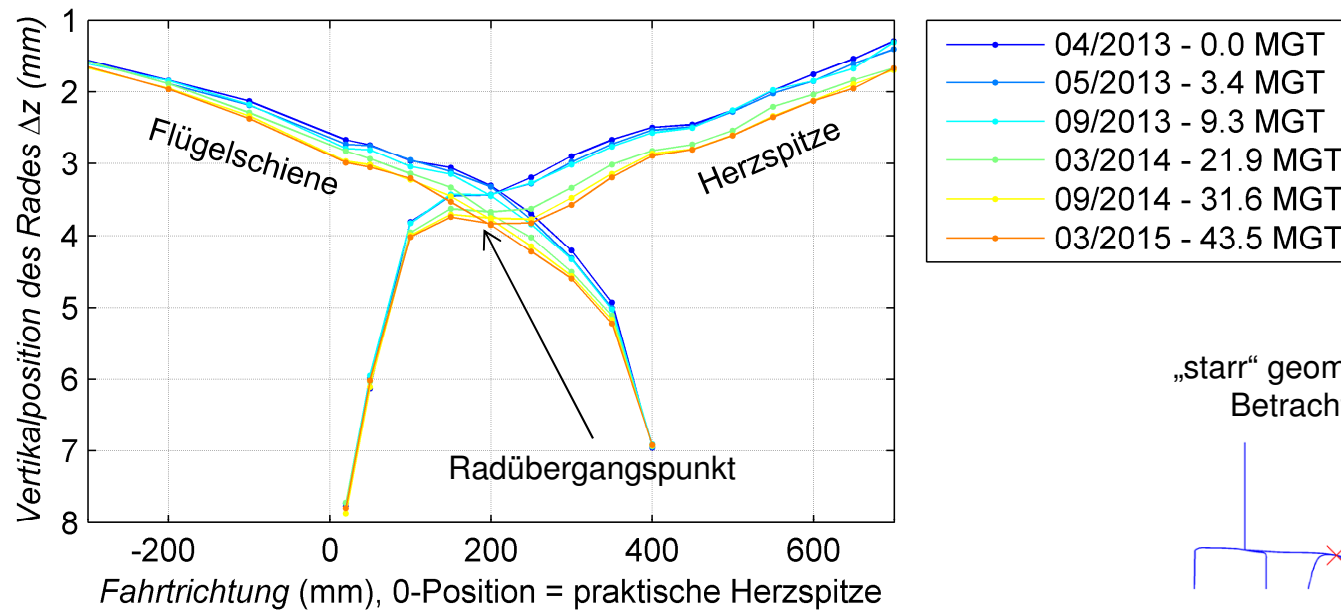


- Nach 2,5 Jahren im Einsatz beträgt die Werkstoffbelastung (64 verschiedene Räder => MKS Modell => Wöhlerlinie => Miner Summe) nur mehr 15% im Verhältnis zum Installationszeitpunkt aufgrund der Selbstoptimierung der Kontaktgeometrie für eine Vielzahl an Radprofilen.
- Die durchschnittliche Stoßbelastung (Durchschnitt über alle Räder) bleibt bisher annähernd konstant.

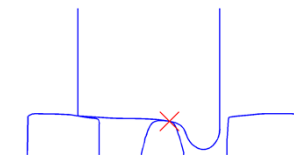
Geometrische Anpassung



Niklasdorf – Warmarbeitsstahl (W), Befahrungsrichtung *spitz*
Vertikale Radposition, ORE-S1002, Radsatzposition mittig.



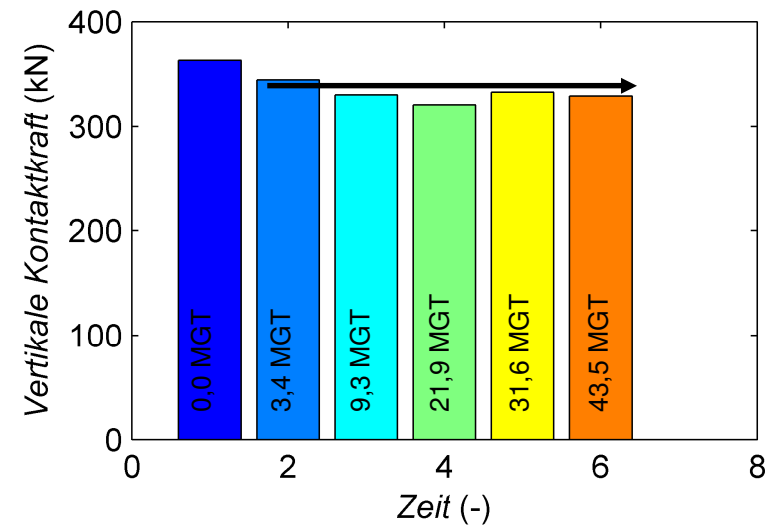
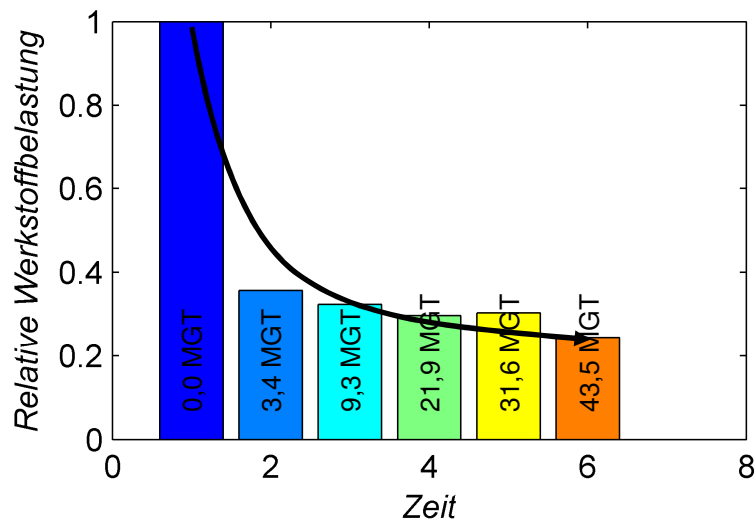
„starr“ geometrische Betrachtung



- Nach zwei Jahren im Einsatz hat sich die Geometrie annähernd gleichmäßig verändert, mit leicht höheren Veränderungsraten im Radübergangsbereich.

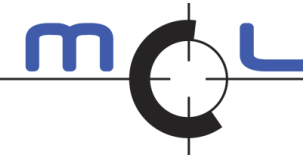
Niklasdorf – **Werkzeugstahl (W) Herzstück:**
MKS der Überrollung mit 64 verschiedenen Radprofilen

Erste Messung – 04/2013: **0,0 MGT**
Letzte Messung – 03/2015: **43,5 MGT**

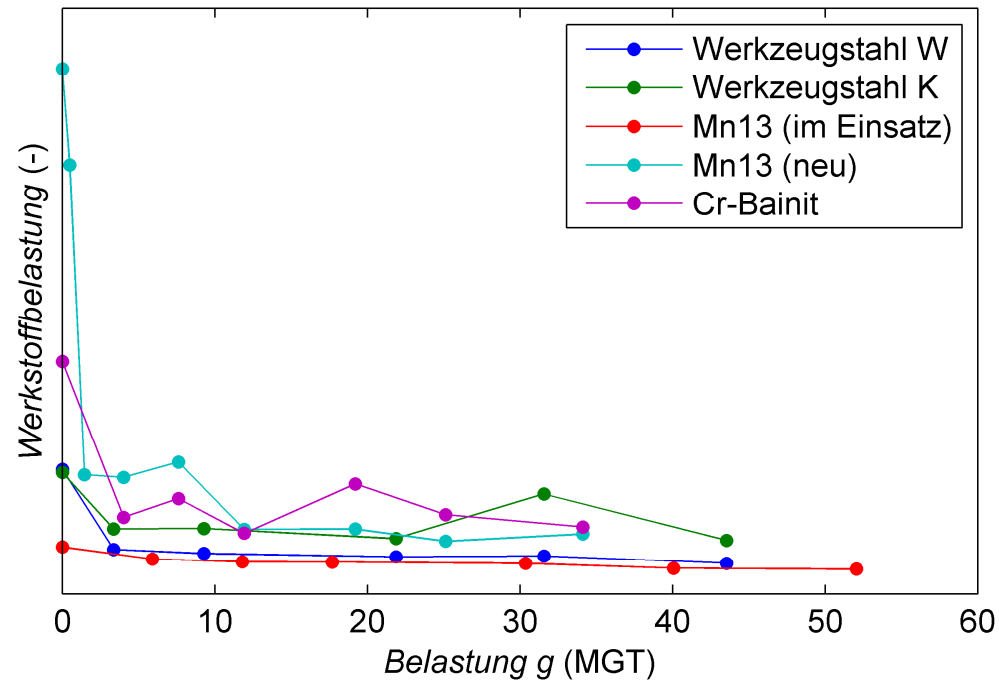


- Auch das Werkzeugstahl-Herzstück zeigt Kontaktgeometrie-Selbstoptimierung, wobei diese ausschließlich durch Verschleiß erreicht werden kann.
- Die durchschnittlichen (gemittelt über alle Räder), maximalen (Radübergang) Kontaktkräfte bleiben annähernd konstant.

Geometrische Anpassung

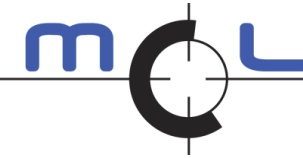


Werkstoffbelastung für Herzstücke mit verschiedenen Werkstoffen:



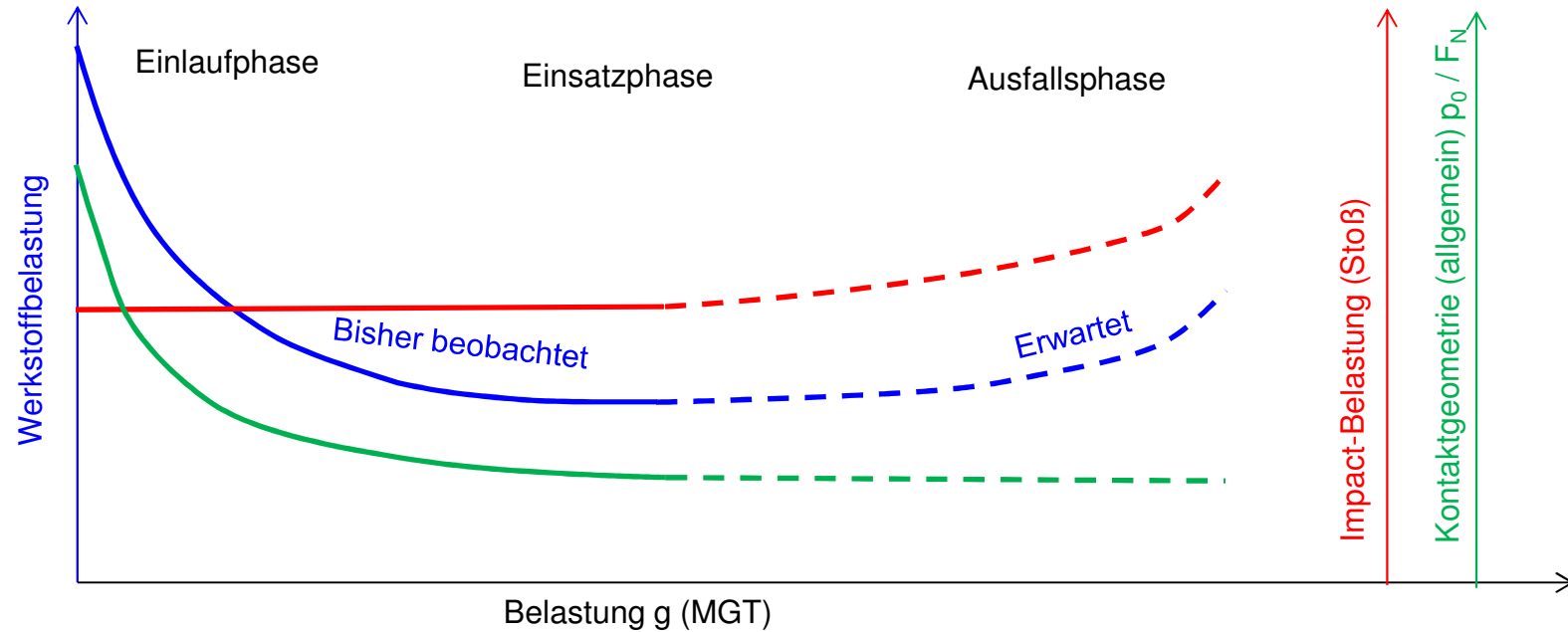
- Die Kontaktgeometrie-Selbstoptimierung für verschiedene Radprofile funktioniert bei allen untersuchten Werkstoffen.
- Zwei Mechanismen sind verantwortlich für die Kontaktgeometrie-Selbstoptimierung: **Plastische Verformung** und/oder **Verschleiß**.
- Ein Werkstoff, der plastische Verformbarkeit aufweist (Mn13-Stahl), hat eine höhere Anpassungsfähigkeit.
- **Die untersuchten Werkstoffe erfahren nach einiger Zeit ähnliche Belastungen!**

Geometrische Anpassung



Theorie:

Mathematische Beschreibung der Werkstoffbelastung durch Stoßbelastung auf ein starres Herzstück:



$$d = A \cdot e^{-B \cdot g}$$

+

$$d = C + D \cdot g + E \cdot g^2$$

Werkstoffbelastung wird durch die Kontaktgeometrie und deshalb durch die Anpassungsfähigkeit des Werkstoffs dominiert.

Werkstoffbelastung wird dominiert durch höher werdende Kontaktkräfte aufgrund der schlechter werdenden Überlaufgeometrie.

A, B, C, D, E sind charakteristische Parameter

Inhalt

- Einleitung
- Versuchsstandorte
- Geometrieveränderung der verschiedenen Werkstoffe
- Beschreibung der Geometriebewertungsmethode
- Der geometrische Anpassungsvorgang von starren Herzstücken
- Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung:

- Werkstoffeigenschaften, Geometrie und dynamische Eigenschaften eines Herzstücks haben direkten Einfluss auf die Lebensdauer – zusätzlich interagieren diese Faktoren auch miteinander.
- Für neue Werkstoffkonzepte ist es deshalb notwendig all jene Faktoren, die zu einer Änderung der Werkstoffbelastung während der Lebensdauer führen, zu berücksichtigen.

Anforderungen an Material und Design von Weichenherzen:

- Möglichst gute Anpassungsfähigkeit des Werkstoffs in der Einlaufphase (durch Verschleiß und/oder Plastifizierung).
- Fertigungsgeometrie möglichst nahe an „selbst-optimierter“ Geometrie, damit nicht viel Anpassung notwendig ist.
- Falls der Werkstoff makroskopisch plastifiziert => hohe Kaltverfestigung zur Festigkeitssteigerung notwendig.
- Hoher Widerstand des Werkstoffs gegen Rollkontaktermüdung (RCF) und Verschleiß.

Ende



Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit