

# MCL

## Auswirkungen des Festwalzens auf das Ermüdungs- und Verschleißverhalten von Radsatzkomponenten

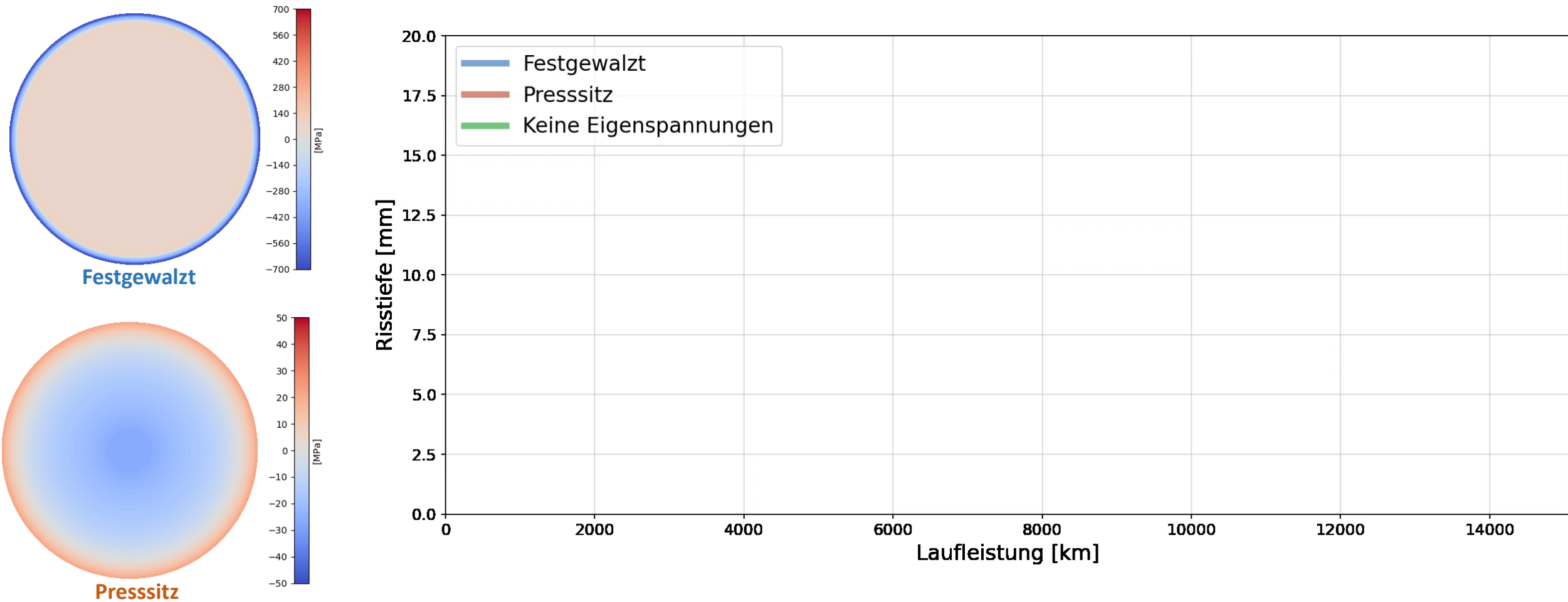
*Dr. Jürgen Maierhofer*

*Materials Center Leoben Forschung GmbH*

19.09.2023

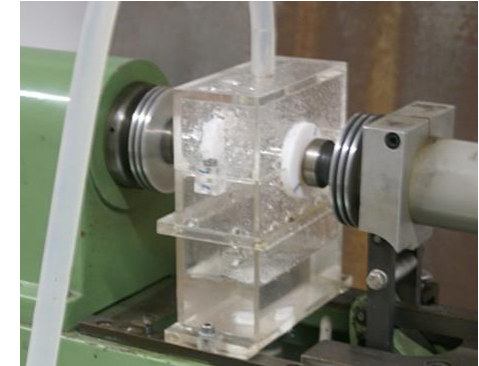


Risswachstum in einer Radsatzwelle (halbelliptischer Riss, 2 mm tief, Spannungsamplitude 100 MPa):



1. Wie wirkt sich Festwalzen von Radlaufflächen auf den Verschleiß aus?
2. Wie verhalten sich Risse in korrosiven Umgebungen?
3. Wie verhalten sich festgewalzte Bauteile in korrosiver Umgebung?

COMET Projekt: DRaCo – Design of Railway Components



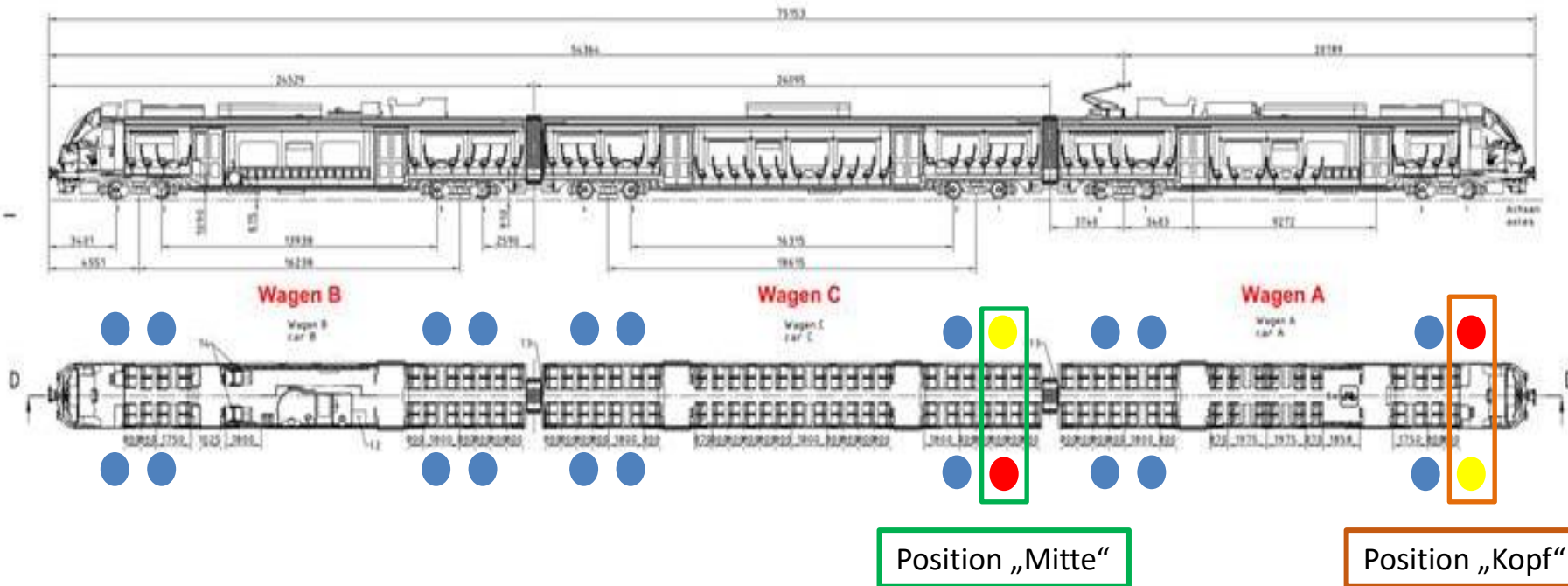
### Project partners:



# **Wie wirkt sich Festwalzen von Radlaufflächen auf den Verschleiß aus?**

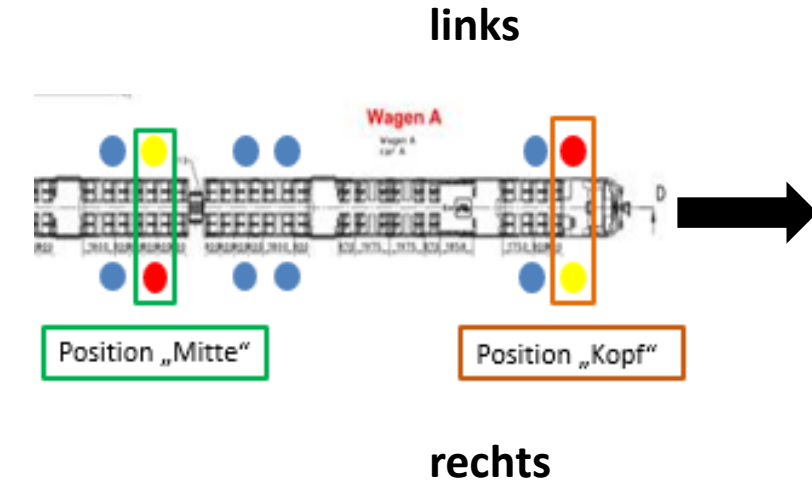
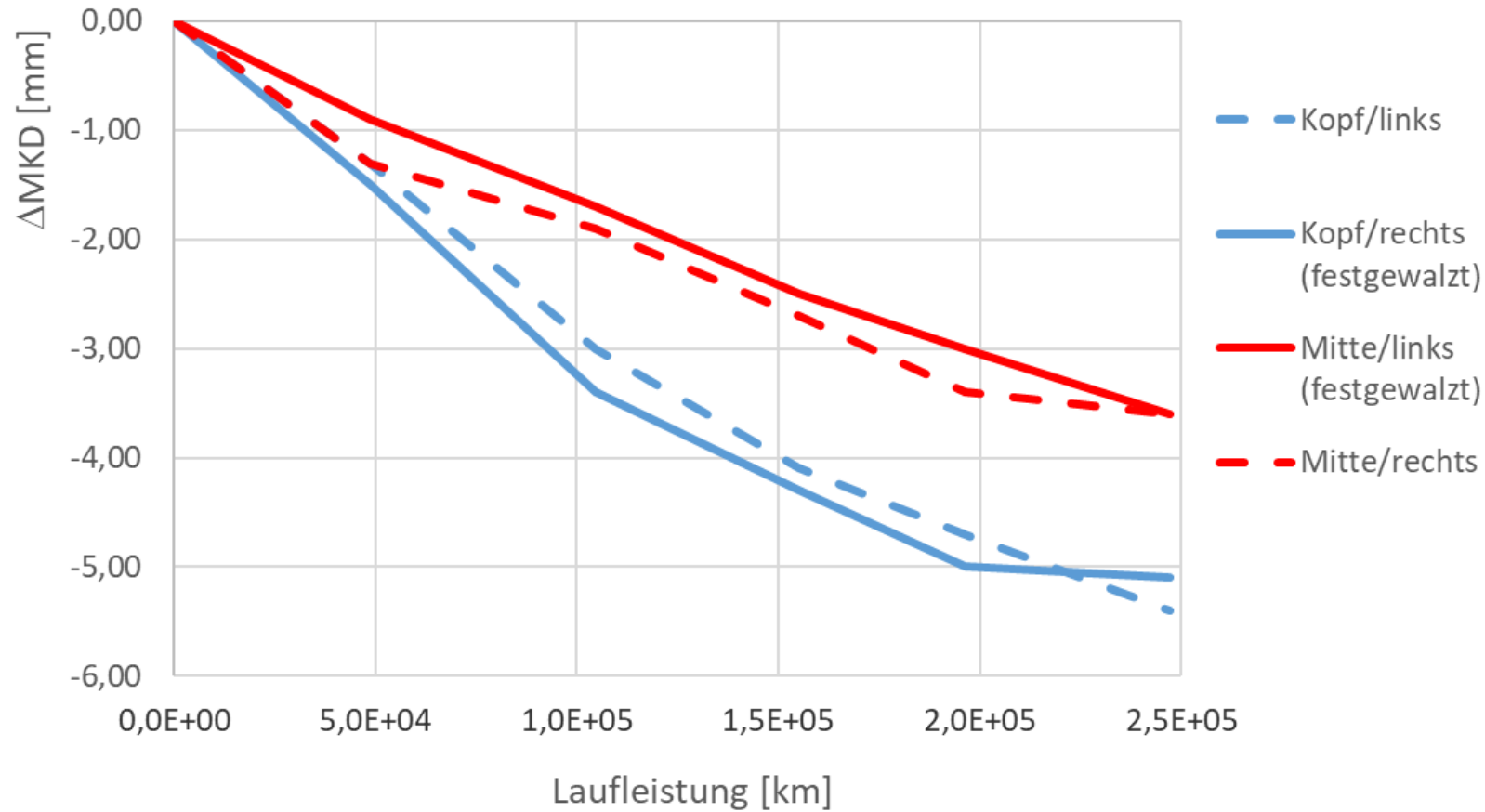
Einsatztest festgewalzter Radlaufflächen:

- Regionalzug ÖBB
- Zwei Radsätze an unterschiedlichen Positionen mit jeweils einem festgewalzten Rad
- Radprofilmessungen wurden alle 50.000 km durchgeführt
- Ende des Einsatztests nach 250.000 km



- ER7
- ER7 (festgewalzt)
- ER8

### Änderung Messkreisdurchmesser



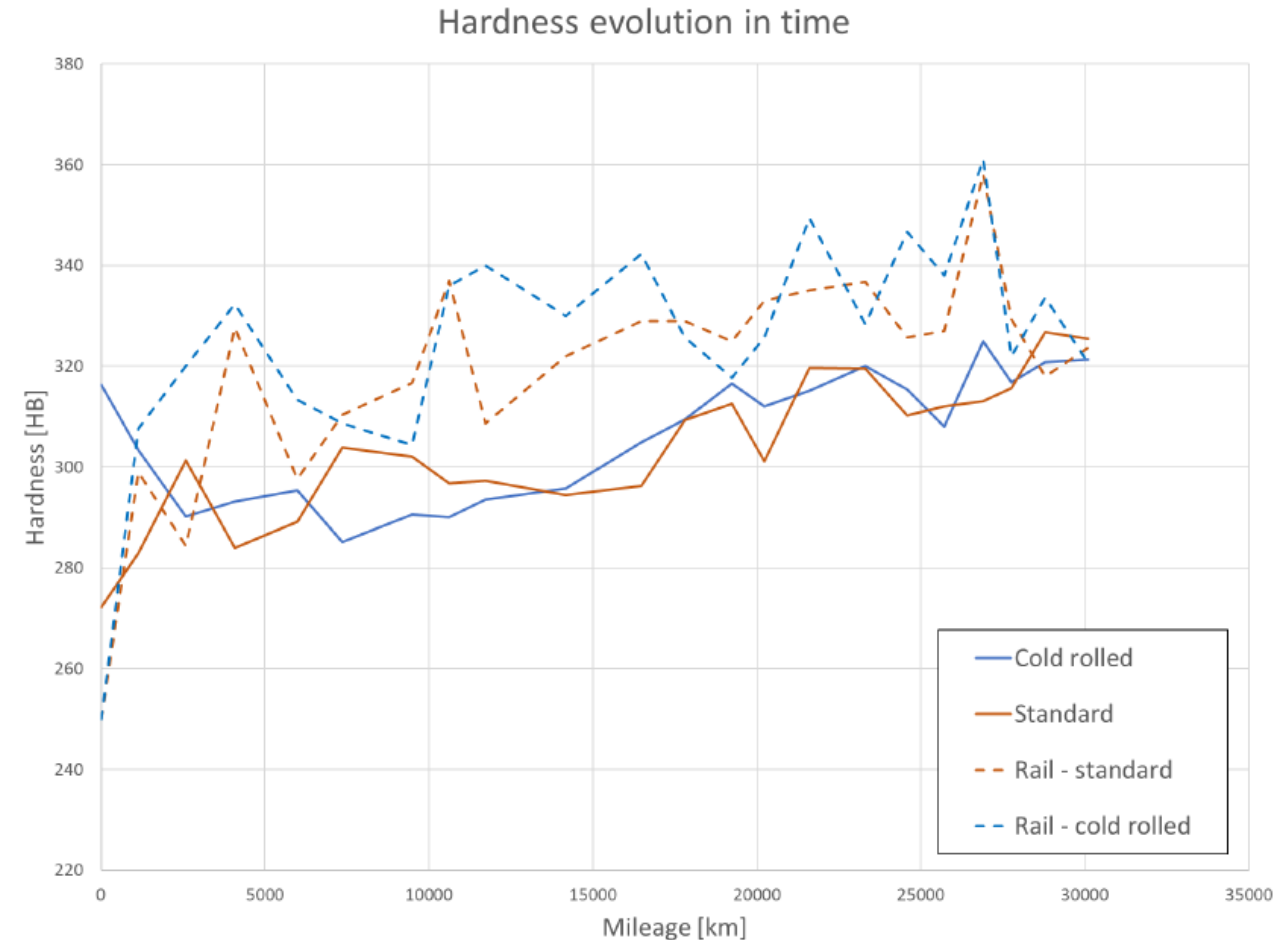
Kein Unterschied im Verschleißverhalten zwischen festgewalzten (—) und ungewalzten (----) Rädern zu erkennen.

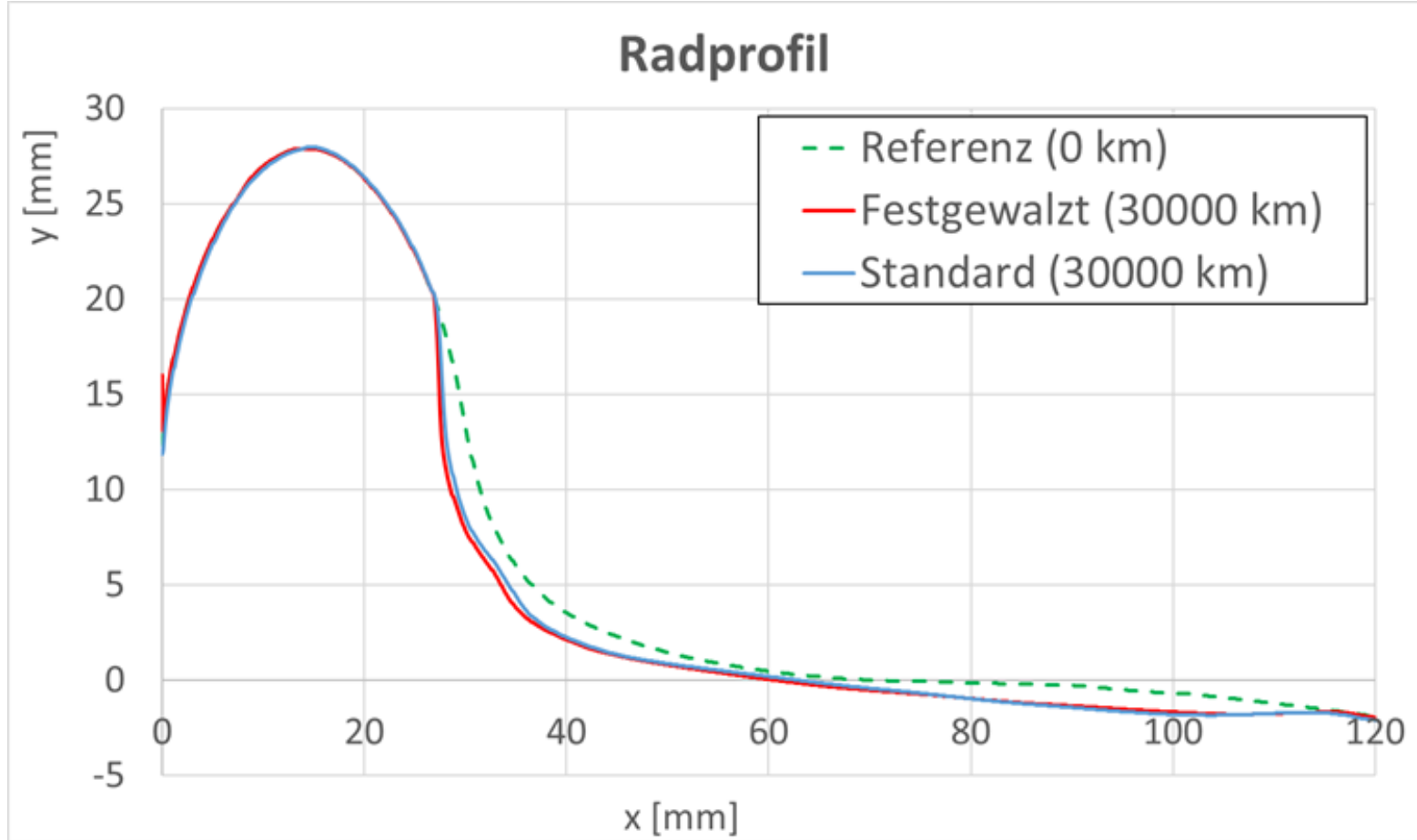
Verschleißverhalten im Einsatztest – Änderung des Messkreisdurchmessers festgewalzter und ungewalzter Radlaufflächen abhängig von der Laufleistung



Prüfstandstest festgewalzter Radlaufflächen:

- Lucchini – BU300 Prüfstand
- Radsatz mit einem festgewalzten Rad
- Regelmäßige Radprofilmessungen
- Ende des Prüfstandsversuchs nach 30.000 km





Kein Unterschied im Verschleißverhalten zwischen festgewalzten (—) und Standardrädern (—) zu erkennen.

Verschleißverhalten im Prüfstandsversuch – vermessene Radprofile festgewalzter und ungewalzter Radlaufflächen nach 30.000 km im Vergleich zum Referenzprofil (0 km).

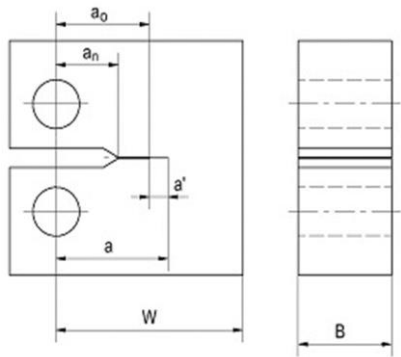
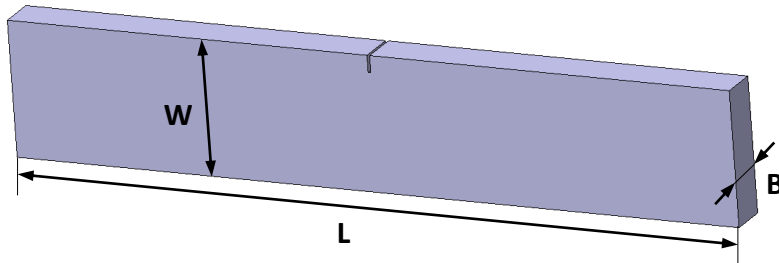


# **Wie verhalten sich Risse in korrosiven Umgebungen?**

### Getestete Probengeometrien u. Kerbpräparation:

- Single Edge Notched Bending (SEB)
- Compact tension (CT)
- Kerbeinbringung mittels Drahterosion
- Polieren mit Diamantpaste u. Rasierklingen

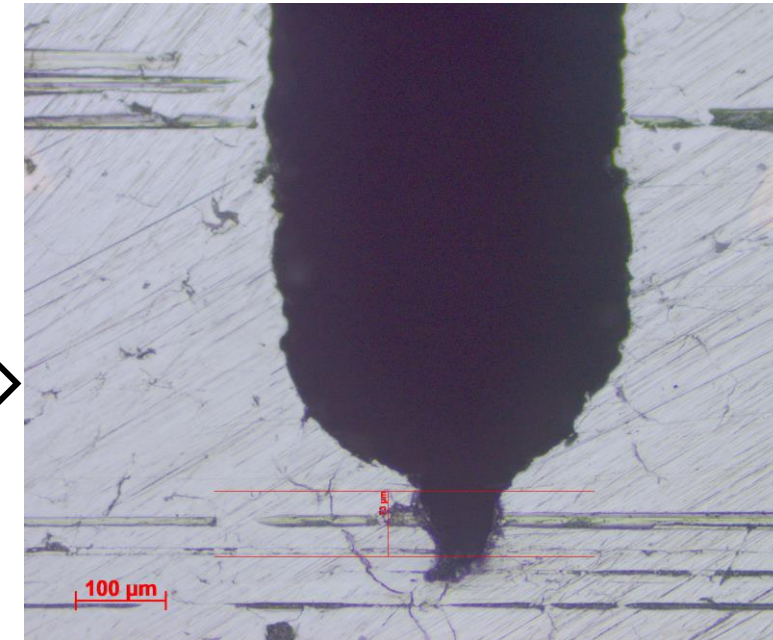
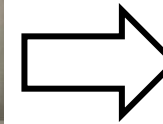
**$L \times W \times B = 250 \times 50 \times 6$**



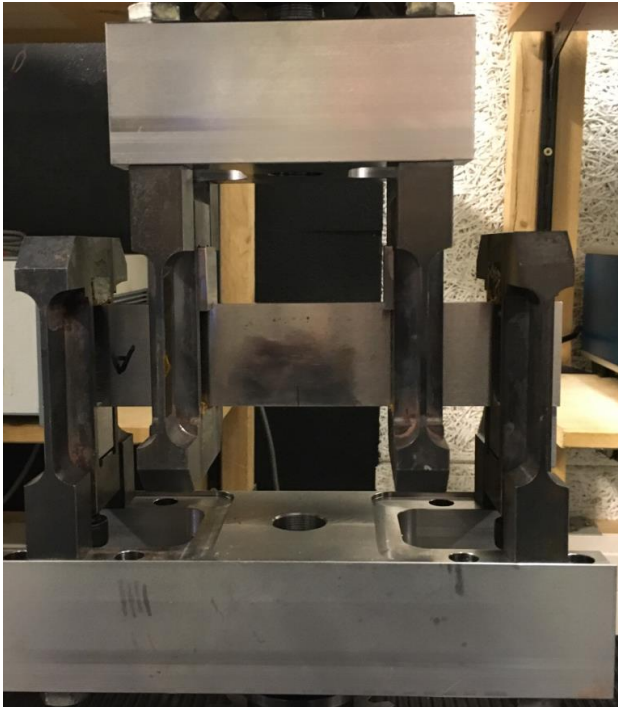
**$L \times W \times B = 27 \times 22.5 \times 5$**



**Rasierklingen-Apparatur**



**Erodierkerbe mit Rasierklingenschnitt**



**8-Punkt Biegevorrichtung  
(SEB)**



**Resonanzprüfmaschine  
(RUMUL TESTRONIC)**

### Druckanschwingen:

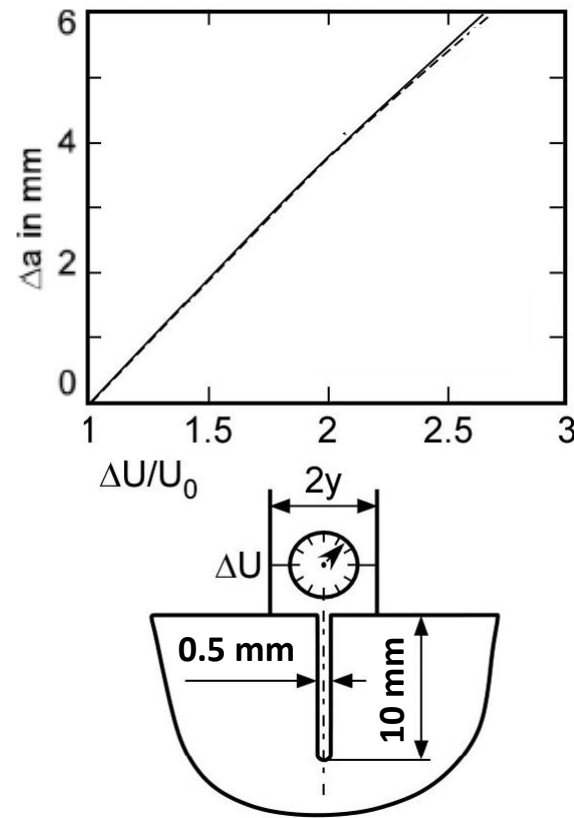
- Lastverhältnis  $R = 20$
- zykl. Spannungsintensitätsfaktor  $\Delta K < 16 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$
- Ermüdungsrisslänge mit LIM1 vermessen

### Generelle Testbedingungen:

- Testfrequenz  $\sim 95 \text{ Hz}$
- Tests wurden an Umgebungsluft mit konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit durchgeführt.
- Gesamtrisslänge (Erodierkerbe + Rasierklingenpolitur + Anschwingriss) wurde zur Berechnung des initialen Spannungsintensitätsfaktors  $\Delta K$  herangezogen.

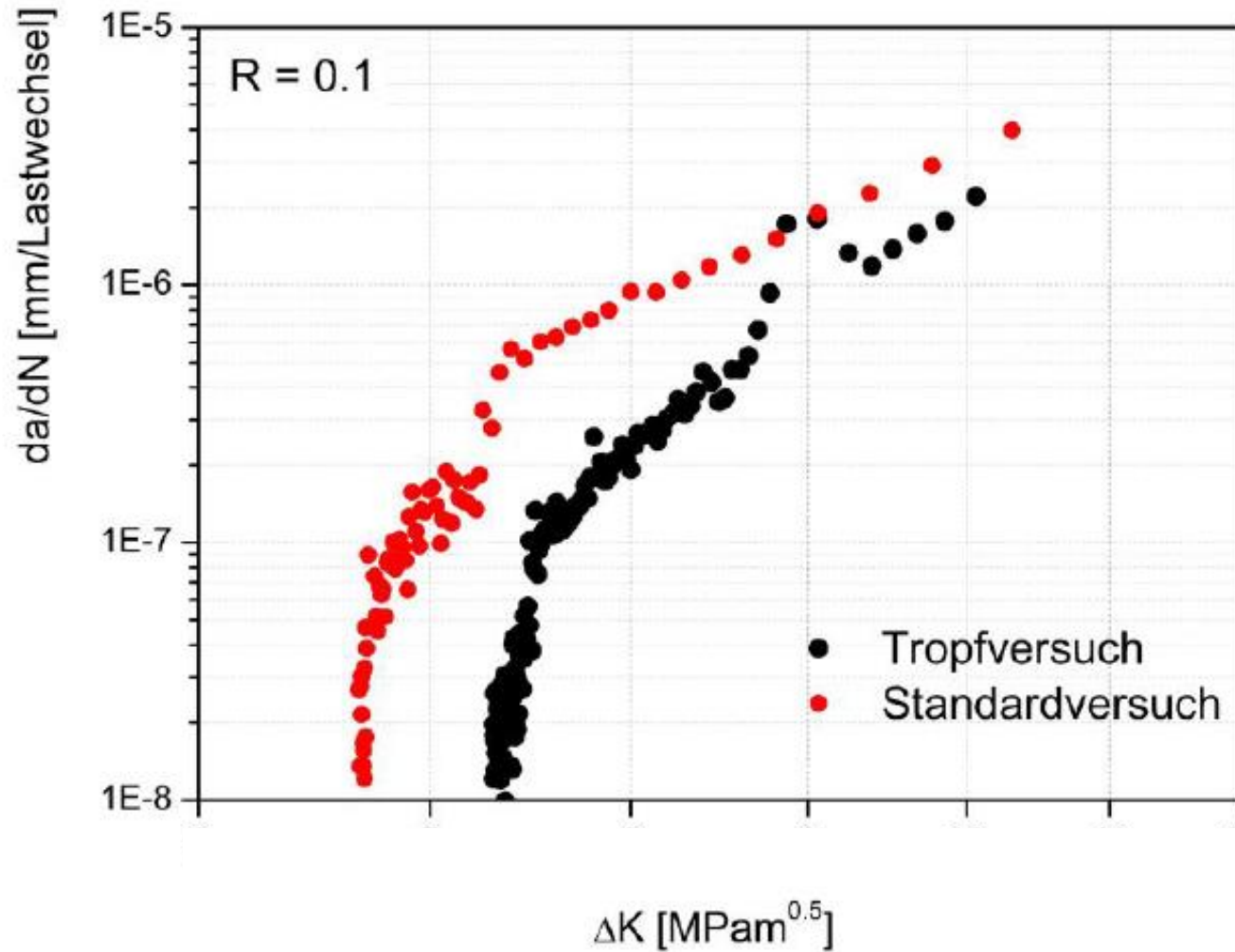


8-Punkt Biegevorrichtung mit  
Tropfvorrichtung (SEB-Probe)



Gleichstrompotentialmethode

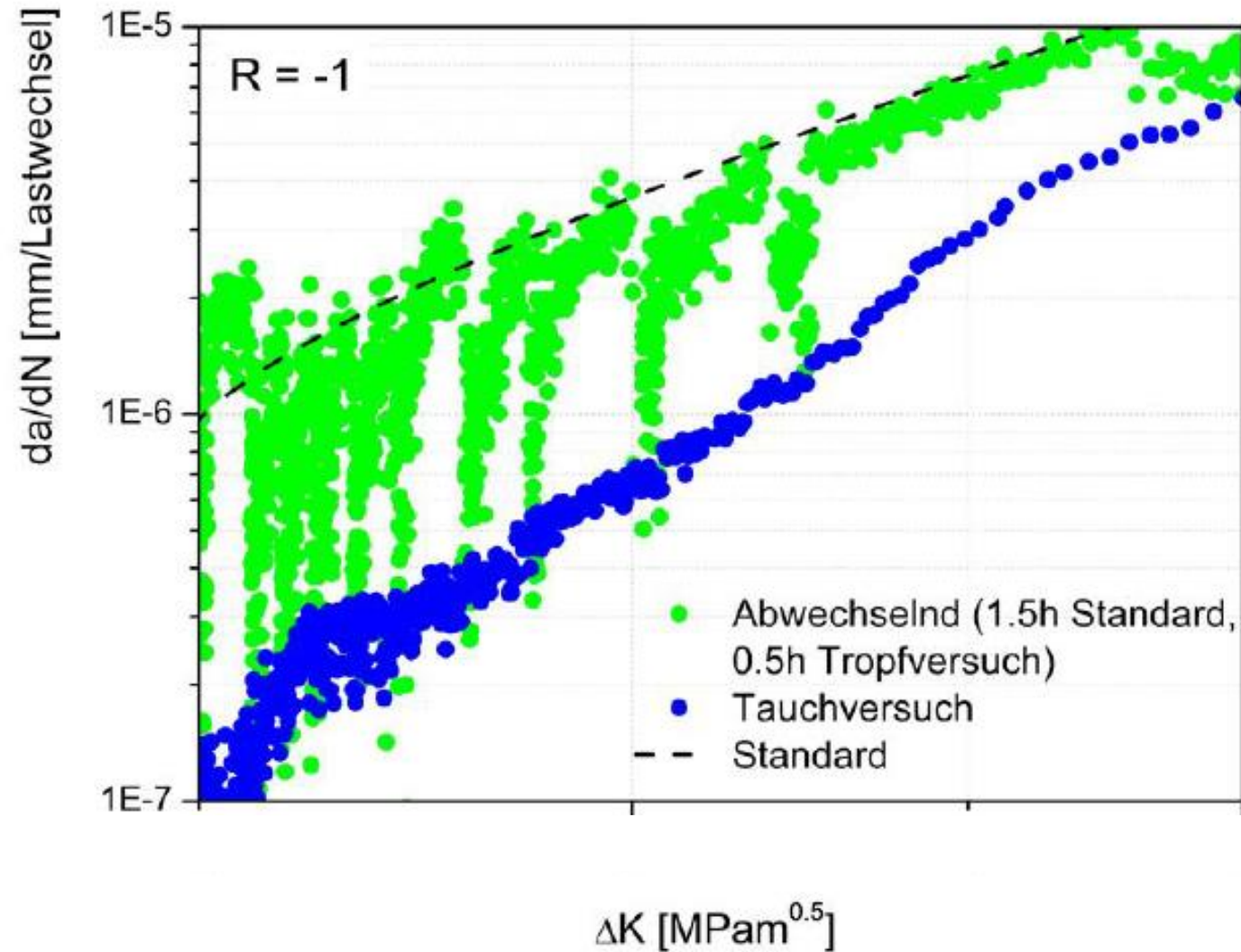
- Risslängenmessung mittels Gleichstrompotentialmethode - direct current potential drop (DCPD) technique
- Konstanter Gleichstrom: 10 Ampere
- Distanz der Fühlerspitzen:  $2y = 3 \text{ mm}$



Langrisssschwellwert:

Standardversuch < Tropfversuch





Risswachstumsrate:

Tropfversuch < Standardversuch



# **Wie verhalten sich festgewalzte Bauteile in korrosiver Umgebung?**

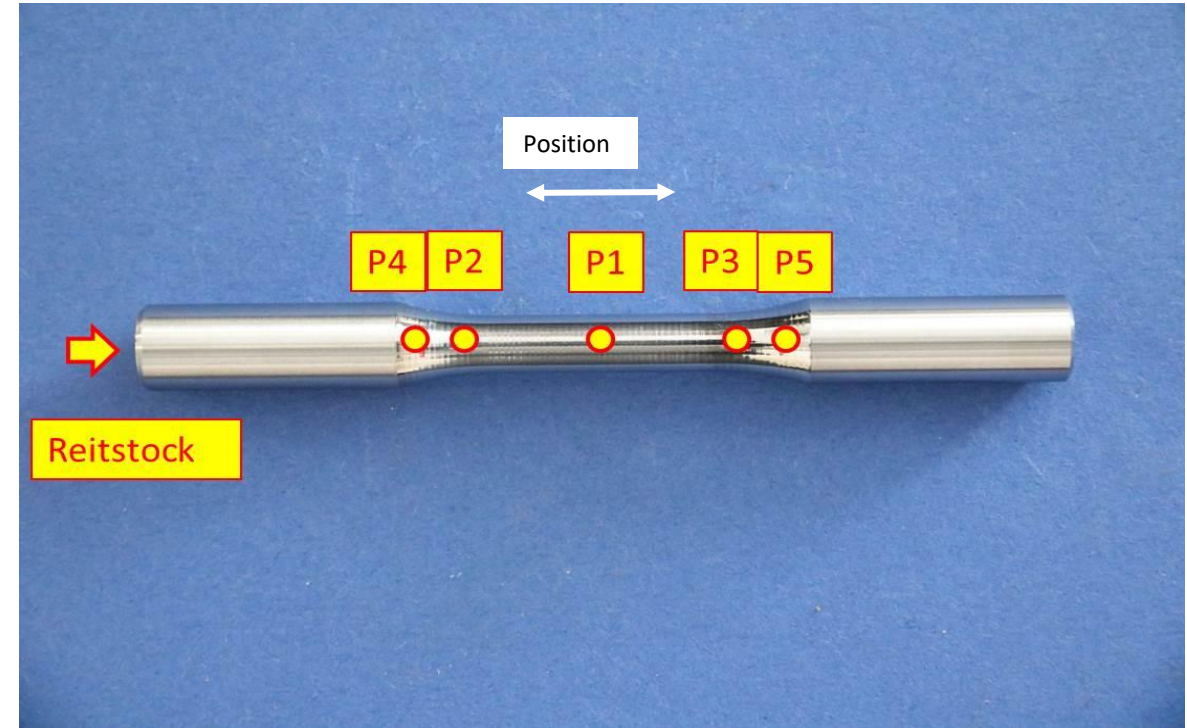
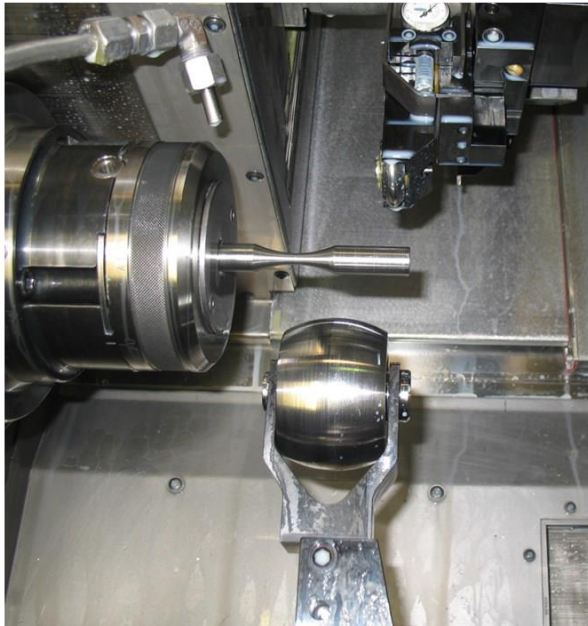
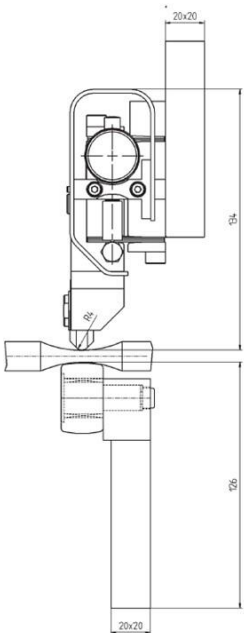
Umlaufbiegeproben (D = 6,74 mm)

Festwalzparameter:

Rollendurchmesser und -radius (D = 40 mm, r = 2,5 mm)

Anpresskraft ( $F_N = 423 \text{ N}$ )

Vorschub (0,09 mm/U)



Probe 24

Reitstock

Abstand zur Stirnseite	31,5	35	50	35	31,5
Umfangsposition	5	3	1	2	4
	Spannung [MPa]				
0	-416 ± 8	-615 ± 22	-542 ± 17	-276 ± 11	-396 ± 11
120	-322 ± 5	-553 ± 22	-613 ± 19	-316 ± 8	-358 ± 12
240	-353 ± 6	-516 ± 27	-601 ± 15	-358 ± 16	-445 ± 22

Eigenspannungsmessungen nach dem Festwalzen – hohe axiale Druckspannungen an der Oberfläche

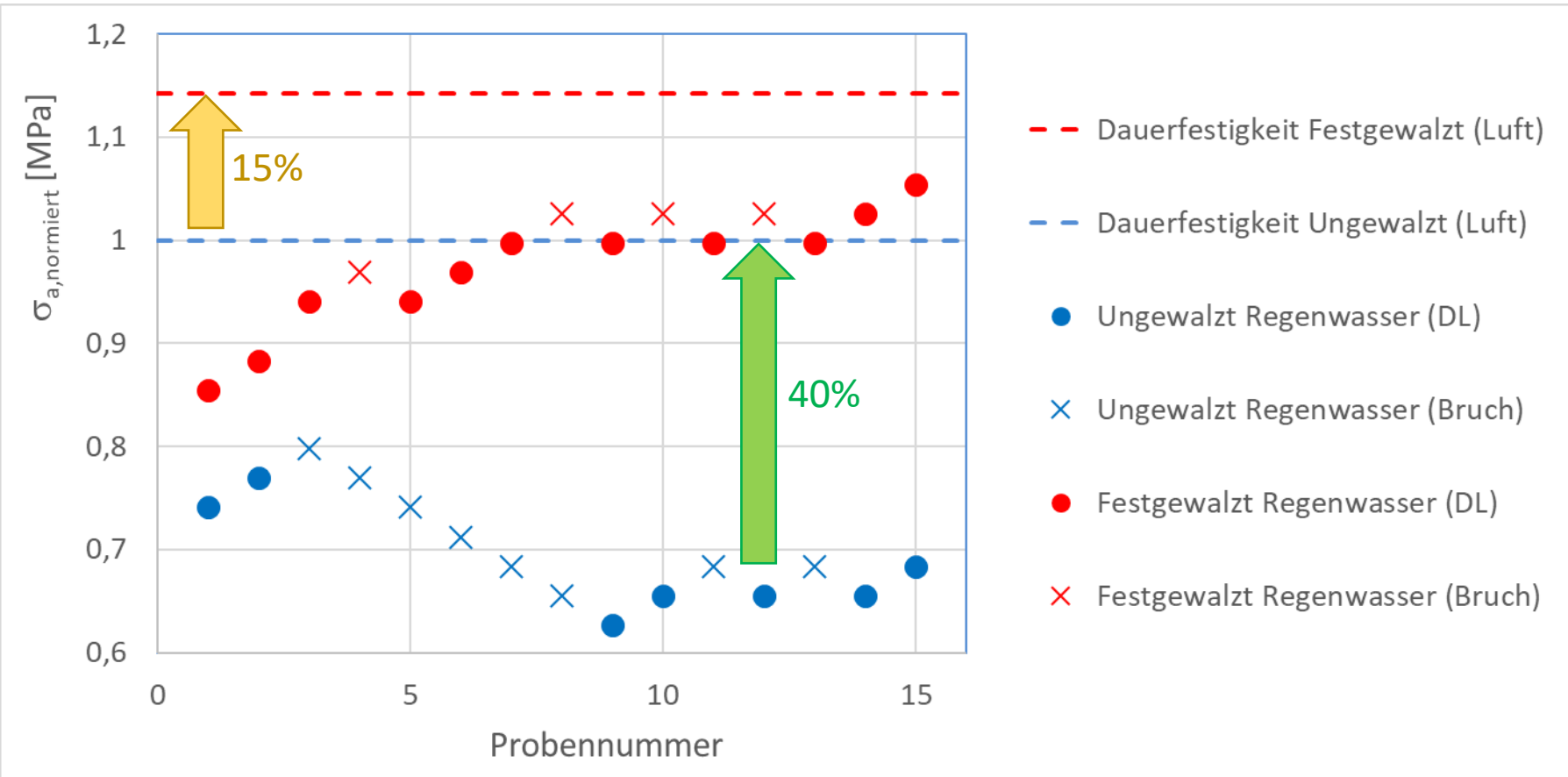
### Generelle Testbedingungen:

- Prüffrequenz  $\sim 100\text{Hz}$
- Durchläufer bei  $10^7$  LW
- Auswertung der Dauerfestigkeit mittels Treppenstufenverfahren



Umlaufbiegeprüfstand mit Korrosionsbehälter für Sprühversuche

### Ergebnisse der Umlaufbiegeuntersuchungen



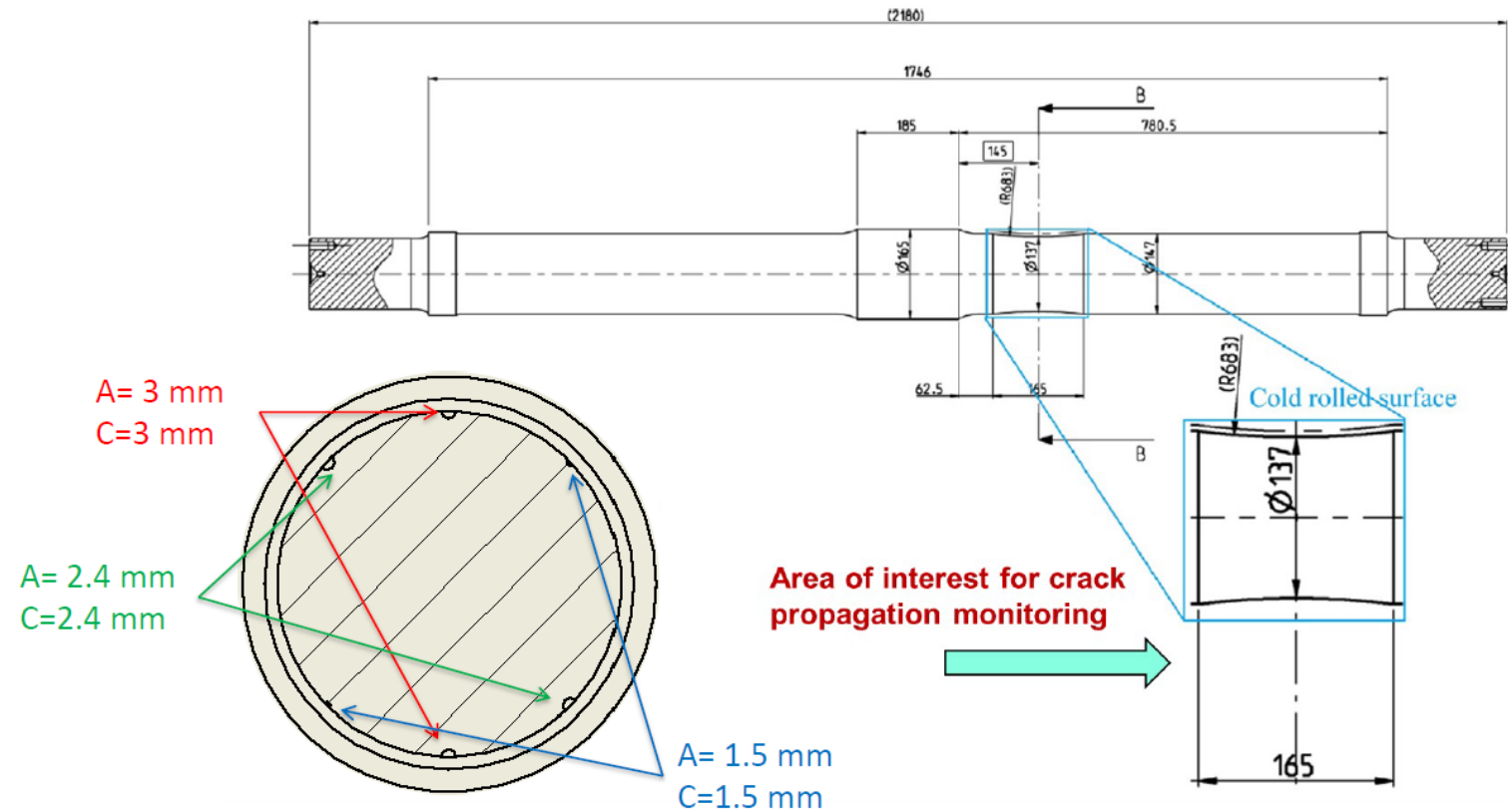
#### Dauerfestigkeit an Luft:

Festwalzen erhöht die Dauerfestigkeit um ~15%.

#### Dauerfestigkeit unter Regenwasser:

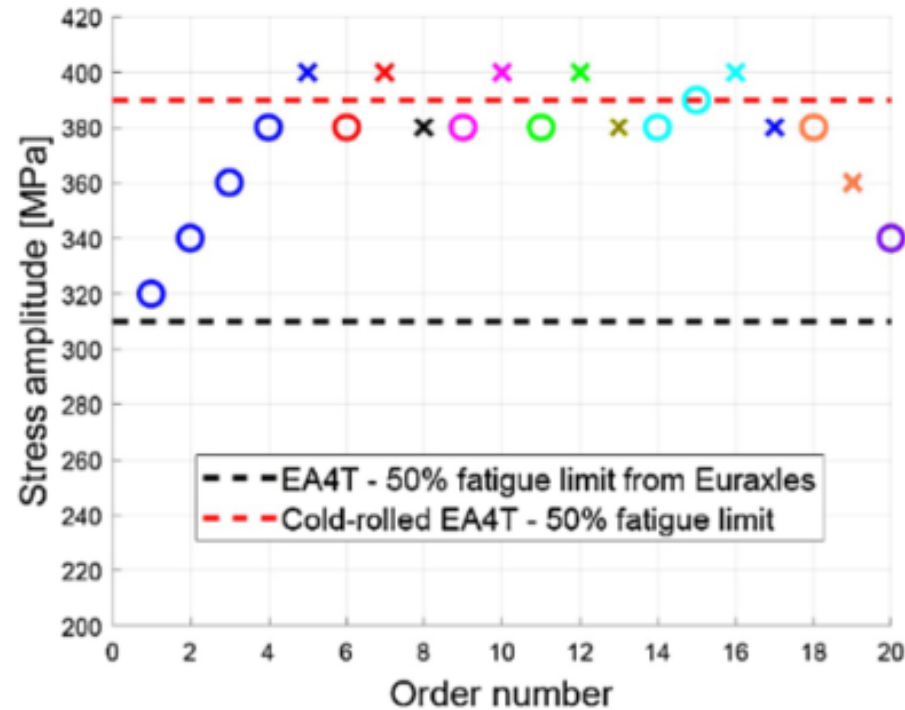
Festwalzen unter korr. Bedingungen erhöht die Dauerfestigkeit um > 40%.





<sup>1</sup> D. Regazzi et al., *Improving fatigue resistance of railway axles by cold rolling: Process optimisation and new experimental evidences*, International Journal of Fatigue, 137, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2020.105603>.

- Dauerfestigkeit einer EA4T-Welle erhöht sich um 25%
- festgewalzte Wellen mit Kerben von 2 mm Tiefe haben eine Dauerfestigkeit, die mit der von glatten Wellen (ohne Defekte) vergleichbar ist
- festgewalzte Wellen haben eine längere Lebensdauer als ungewalzte Wellen auch unter Korrosions-Ermüdung



**AXLE 056 - EA4T steel -  $\Delta\sigma = 320$  MPa**

10<sup>6</sup> cycles



2.3 · 10<sup>6</sup> cycles



3.2 · 10<sup>6</sup> cycles



**AXLE 057 - EA4T steel -  $\Delta\sigma = 320$  MPa**

10<sup>6</sup> cycles



2.3 · 10<sup>6</sup> cycles



3.2 · 10<sup>6</sup> cycles



<sup>1</sup>D. Regazzi et al., *Improving fatigue resistance of railway axles by cold rolling: Process optimisation and new experimental evidences*, International Journal of Fatigue, 137, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2020.105603>.



### **Wie wirkt sich Festwalzen von Radlaufflächen auf den Verschleiß aus?**

Es konnte sowohl beim Einsatztest als auch beim 1:1 Prüfstandsversuch kein signifikanter Unterschied im Verschleißverhalten von festgewalzten zu ungewalzten Radlaufflächen festgestellt werden.


### **Wie verhalten sich Risse in korrosiven Umgebungen?**

In korrosiver Umgebung (Tropfversuch) ist der Langrisschwellwert deutlich höher und die Rissfortschrittsrate ( $da/dN$ ) deutlich niedriger als an Luft (Standardversuch). Diese Ergebnisse zeigen eindrucksvoll, dass für den Betrieb in korrosiven Umgebungen keinesfalls größere Sicherheitsfaktoren angesetzt werden müssen.

### **Wie verhalten sich festgewalzte Bauteile in korrosiver Umgebung?**

Trotz korrosiver Umgebung zeigen festgewalzte Kleinproben eine gleich hohe Ermüdungsfestigkeit wie nicht gewalzte Proben an Luft. Risswachstumsversuche zeigen, dass eingebrachte Risse auch unter korrosiven Bedingungen nicht oder kaum wachstumsfähig sind.

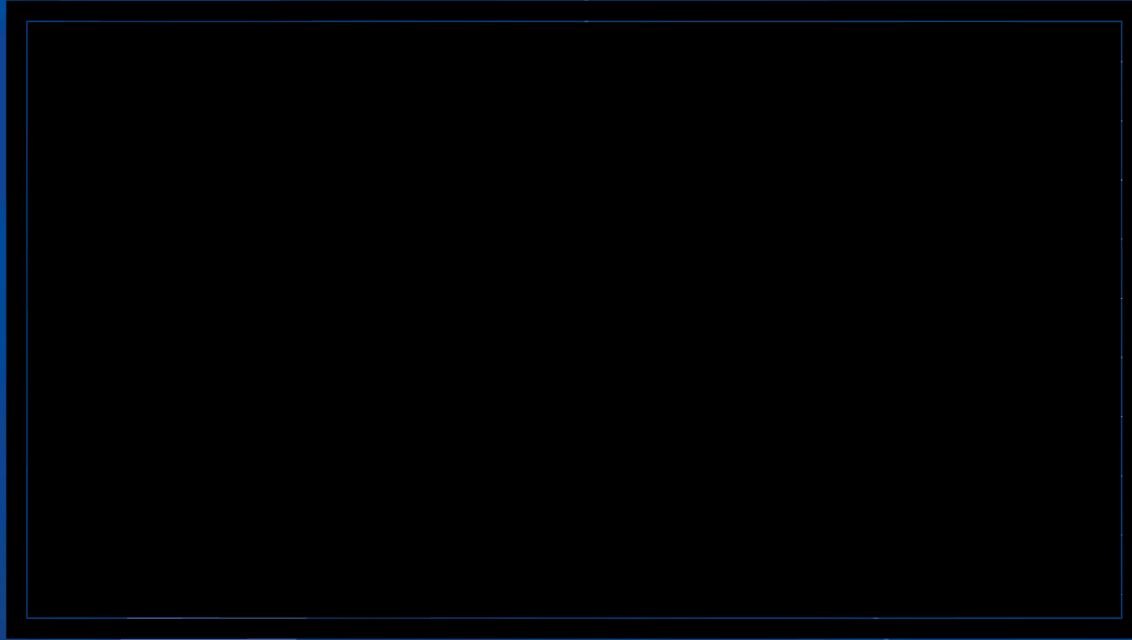
The authors gratefully acknowledge the financial support under the scope of the COMET program within the K2 Center “Integrated Computational Material, Process and Product Engineering (IC-MPPE)” (Project 886385). This program is supported by the Austrian Federal Ministries for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology (BMK) and for Labour and Economy (BMAW), represented by the Austrian research funding association (FFG), and the federal states of Styria, Upper Austria and Tyrol.

 Bundesministerium  
Klimaschutz, Umwelt,  
Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie

 Bundesministerium  
Arbeit und Wirtschaft



# MCL



Thank you for your  
attention

**Dr. Jürgen Maierhofer**  
Simulation

+43 3842 45922 41

*[juergen.maierhofer@mcl.at](mailto:juergen.maierhofer@mcl.at)*

Materials Center Leoben Forschung GmbH  
Roseggerstraße 12, 8700 Leoben, AUSTRIA