



WERKSTOFFSERVICE

MATERIAL ENGINEERING COMPETENCE

MATERIAL ENGINEERING COMPETENCE





WERKSTOFFSERVICE

MATERIAL ENGINEERING COMPETENCE

Wirbelstromprüfung an Radsätzen

—

Einsatzmöglichkeiten,
Verfahrensvalidierung,
Perspektiven

I. Poschmann

W.S. Werkstoff Service, Essen

- Etablierung eines Prototyp-Prüfsystems für Güterwagenradsätze als Alternative zur Ultraschallprüfung (UT) und zur Magnetpulverprüfung (MT)
- System soll hohe Nachweisfähigkeit gegenüber Rissen haben
- Konzeption des Systems so, dass es sowohl in kleinen Werkstätten (eher geringere Zahl von Radsätzen) als auch in größeren Werkstätten Verwendung finden kann
- Verwendung von leicht verfügbaren Komponenten für das Prüfsystem (einfache Verfügbarkeit, keine „Spezialanfertigung“)



Prüfverfahren	Werkstofftechnische Änderung durch den Riss	Physikalisch-technisches Nachweisverfahren
Sichtprüfung (VT)	Bildung einer Materialtrennung	Kontrastunterschiede (Hell-Dunkel, Farbe, Schatten)
Eindringprüfung (PT)	Bildung einer Kapillare	Kapillareffekt + Kontrastunterschiede (Hell-Dunkel, Farbe)
Magnetpulverprüfung (MT)	Änderung der Permeabilität („magnetische Leitfähigkeit“)	Magnetischer Streufluss + Kontrastunterschiede (Hell-Dunkel, Farbe)
Wirbelstromprüfung (ET)	Änderung der elektrischen Leitfähigkeit	Oberflächennahe Magnetfeldstärke
Ultraschallprüfung (UT)	Änderung der Schallimpedanz (Dichte · Schallgeschwindigkeit)	Reflexion von Schallwellen + Winkelspiegeleffekt



Physikalisches Wirkprinzip:

- Leitfähigkeitsunterschiede – Riss ist starker Leitfähigkeitsunterschied (Stahl-Luft)

Prüftechnische Umsetzung

- Wirbelstromsonde messen das Magnetfeld auf der Bauteiloberfläche
- Ortsauflösung/Nachweisgröße um so besser, je kleiner die Sonde
- Je kleiner die Sonde, desto länger wird die Prüfzeit => Einsatz mehrere Sonden

Vorteile:

- Praktisch keine Abhängigkeit der Signalstärke von der Rissorientierung
- Verfahren reagiert relativ unempfindlich auf den Oberflächenzustand
- Beschichtungen könnten auf dem Bauteil verbleiben (Ausnahme: Dickschichten)
- Hohe Prüfgeschwindigkeiten möglich
- Keine Prüfmittel/Koppelmittel notwendig

Nachteile:

- Pressverbände nicht prüfbar



Normen für die ET-Prüfung im Sektor Eisenbahninstandhaltung

DIN EN 16910

- „In dieser Norm werden folgende ZfP-Verfahren berücksichtigt:
 - Ultraschallprüfung (en: Ultrasonic testing, UT);
 - Magnetpulverprüfung (en: Magnetic particle testing, MT);
 - Wirbelstromprüfung (en: Eddy Current testing, ET).“
- „..., wenn die Oberflächen vollständig zugänglich sind, sollten ZfP-Verfahren für Oberflächen, wie MT oder ET, anstelle von Volumenverfahren wie UT eingesetzt werden.“

DIN 27201-7

- z.B. für Laufflächen werden alternativ die Verfahren UT, ET und MT genannt

Tabelle A.2 — Übersicht der am Radkranz bzw. Radreifen anzuwendenden Prüfverfahren mit Angabe von Bewertungsschwellen

Prüfbereich	Prüfverfahren	Prüffläche	Einschallwinkel	Einschallrichtung	Bewertungsschwelle
Lauffläche	ET	Lauffläche	—	—	1 mm tiefer Vergleichsfehler
<i>alternativ</i>	UT	innere Stirnfläche	45°	2 Richtungen	2 mm tiefer Vergleichsreflektor
<i>alternativ</i>	MT	Lauffläche	—	—	2 mm lineare Anzeige

Nachweisempfindlichkeiten verschiedener Prüfverfahren

Bemerkung zur DIN 27201-7

- Problem: Bewertungsschwellen für UT, MT und ET **NICHT** miteinander kompatibel
 - ein 1 mm tiefer Vergleichsfehler (Nut) entspricht NICHT
 - einem 2 mm tiefen Vergleichsreflektor entspricht NICHT
 - einer 2 mm langen Anzeige

- Bewertungsschwellen
 - sind offensichtlich korreliert mit den Nachweisgrenzen der jeweiligen Prüfverfahren
 - aber NICHT korreliert mit den (bruchmechanischen) Anforderungen an das Bauteil

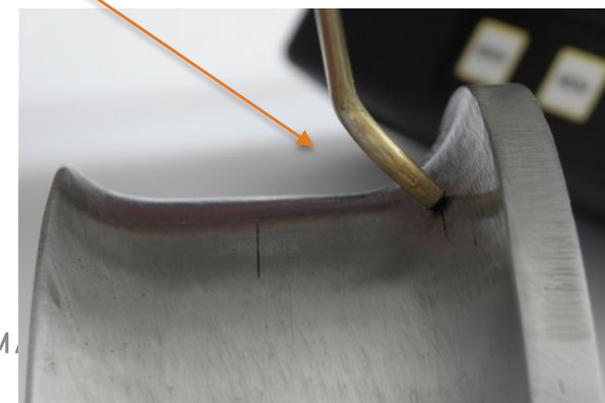
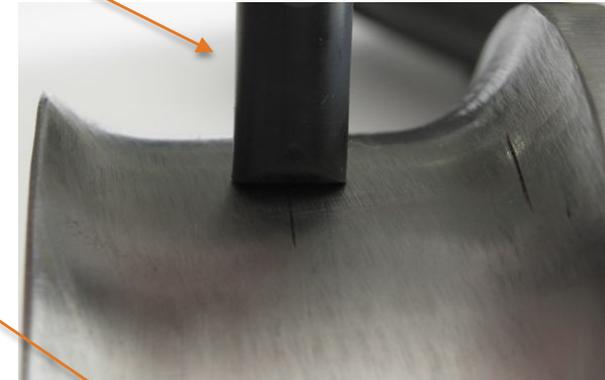
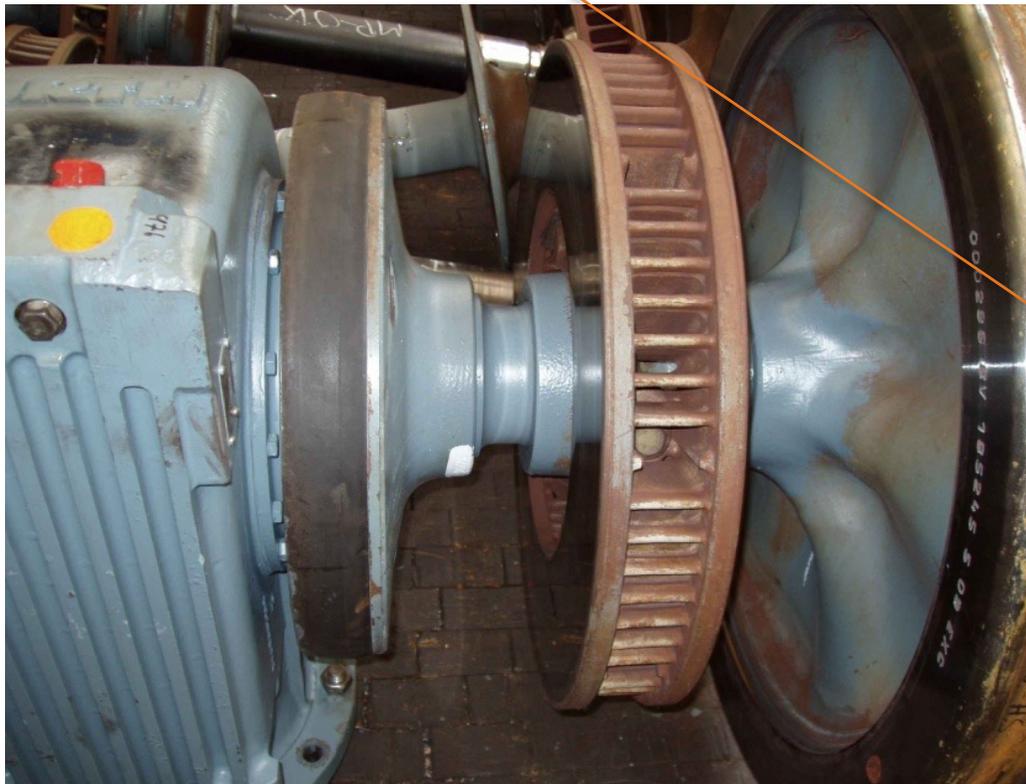
- Hier besteht Abstimmungsbedarf !

Tabelle A.2 — Übersicht der am Radkranz bzw. Radreifen anzuwendenden Prüfverfahren mit Angabe von Bewertungsschwellen

Prüfbereich	Prüfverfahren	Prüffläche	Einschallwinkel	Einschallrichtung	Bewertungsschwelle
Lauffläche	ET	Lauffläche	—	—	1 mm tiefer Vergleichsfehler
<i>alternativ</i>	UT	innere Stirnfläche	45°	2 Richtungen	2 mm tiefer Vergleichsreflektor
<i>alternativ</i>	MT	Lauffläche	—	—	2 mm lineare Anzeige

Erster Schritte bei der Wirbelstromprüfung von Radsatzkomponenten

- Prüfung eines sonst unzugänglichen Schaftbereiches einer Treibradsatzzelle
- Prüfung mit einer Schweißnahtsonde
 - sehr gute Nachweisempfindlichkeit für Risse
 - Sonde kann der Kontur sehr gut folgen
- Prüfung mit einer Hakensonde
 - extrem hohe Ortsauflösung für Risse



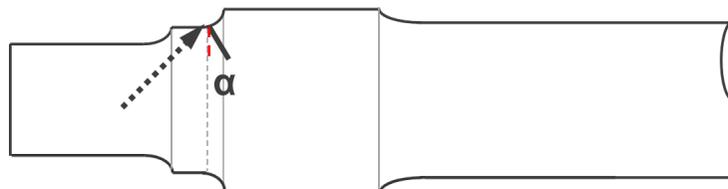
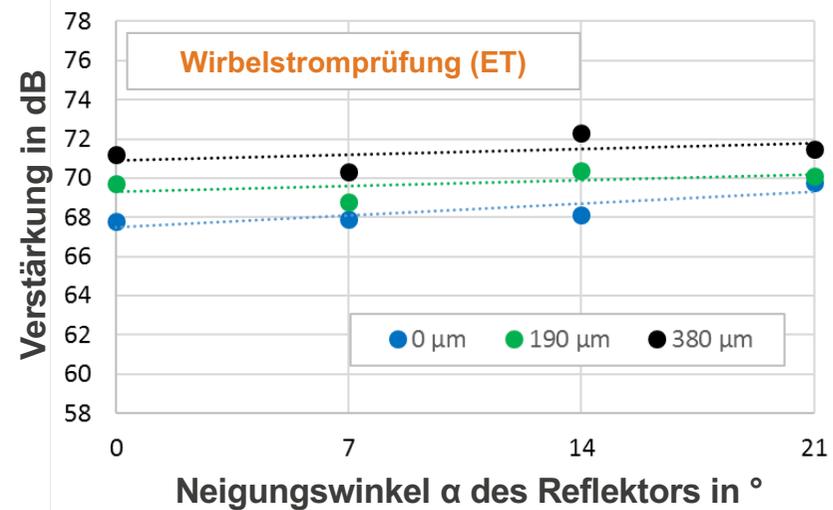
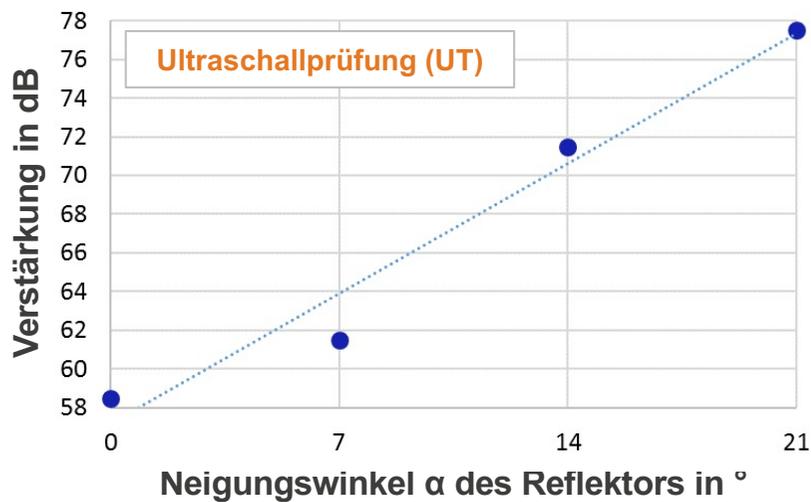


- Entwicklung zweier Sonden (Zylinderflächen und Übergangsradien)
- Variation diverser Prüfsystem-Parameter:
 - Form der Referenzfehler (Nuten, Sekanten, Halbellipsen)
 - Größe der Referenzfehler
 - Neigung der Referenzfehler
 - Prüffrequenz
 - Schichtdicke



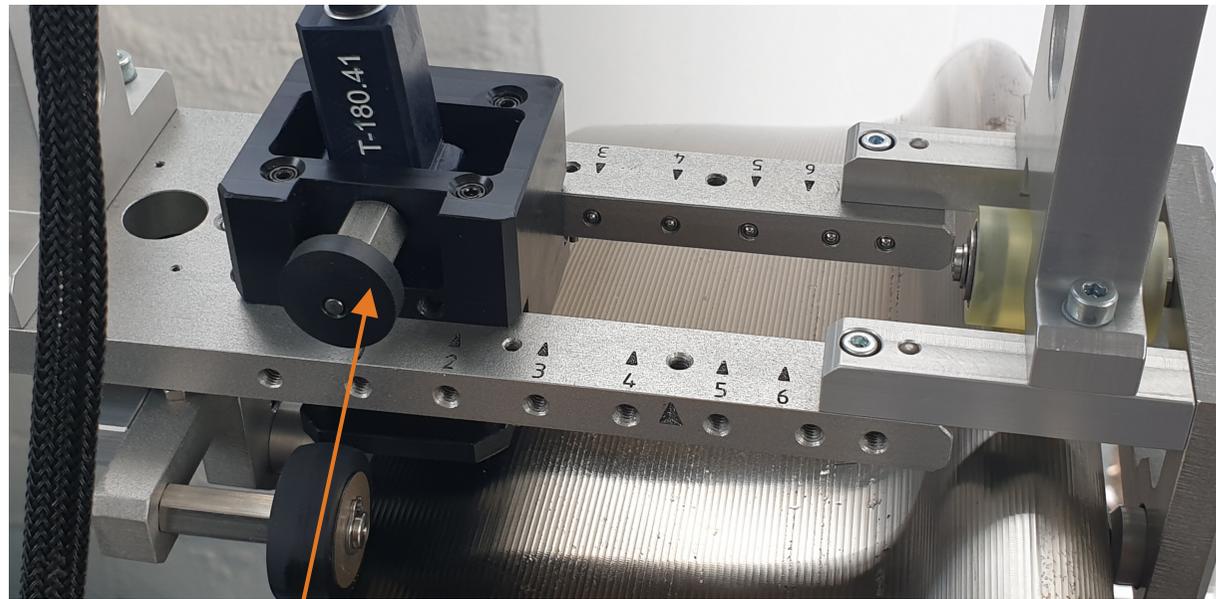
Wichtiges Ergebnis der ET-Untersuchungen an Radsatzwellen:

- geringfügige bzw. keine Winkelabhängigkeit bei der ET-Prüfung gegenüber der UT-Prüfung
- Einfach formuliert: Je flacher die Geraden, desto geringer die Winkelabhängigkeit



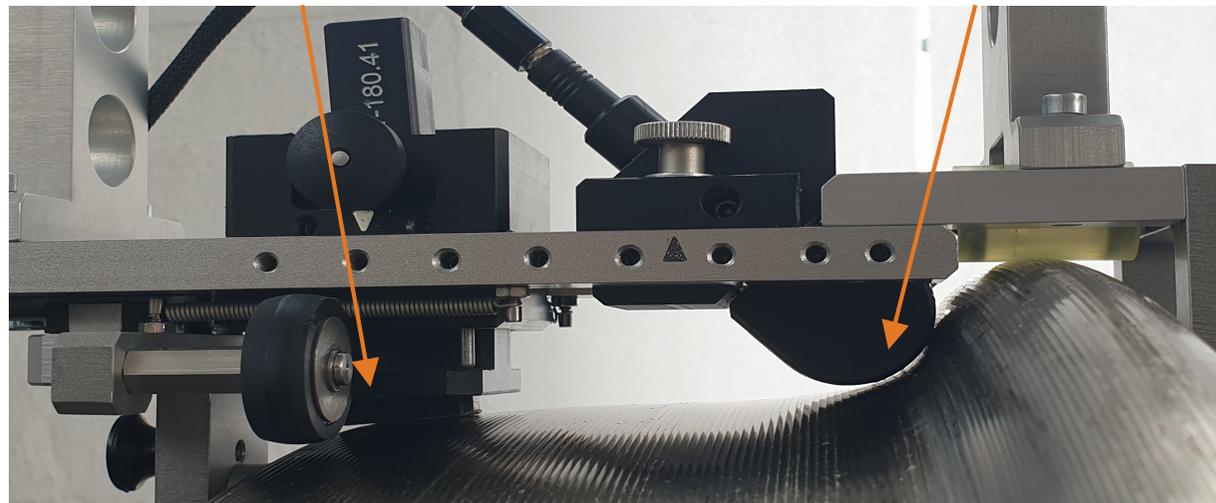
VPI-Untersuchung und Validierung der ET-Prüfung für Laufflächen – Prototyp 1

- Hochempfindliche Sonden für
 - 1x Lauffläche
 - 1x Spurkranz
- Führungshilfe für die Sonden
 - Erfassung des gesamten Laufflächenprofils
 - passt sich an die jeweilige Kontur an
- Konventionelles ET-Prüfgerät
- Hohe Prüfgeschwindigkeiten möglich
- Validierung mit einem Referenzkörper ist erfolgreich erfolgt



Axial verstellbare Sonde für diverse Prüf-Spuren auf der Lauffläche

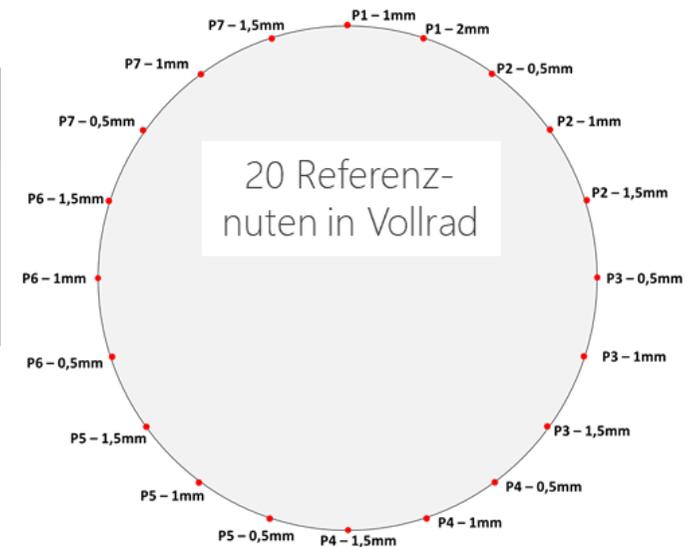
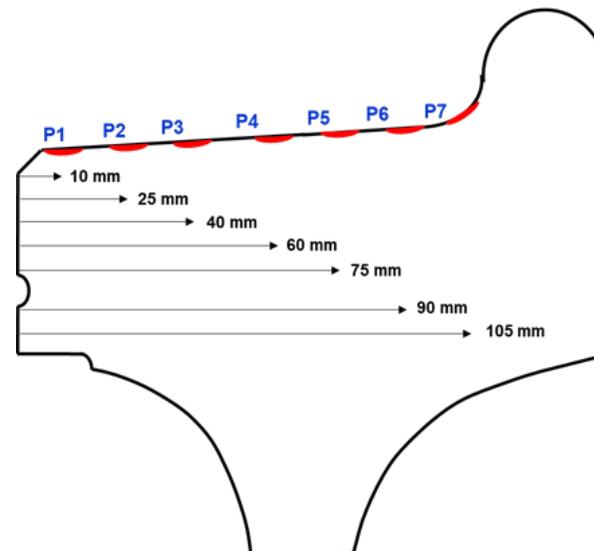
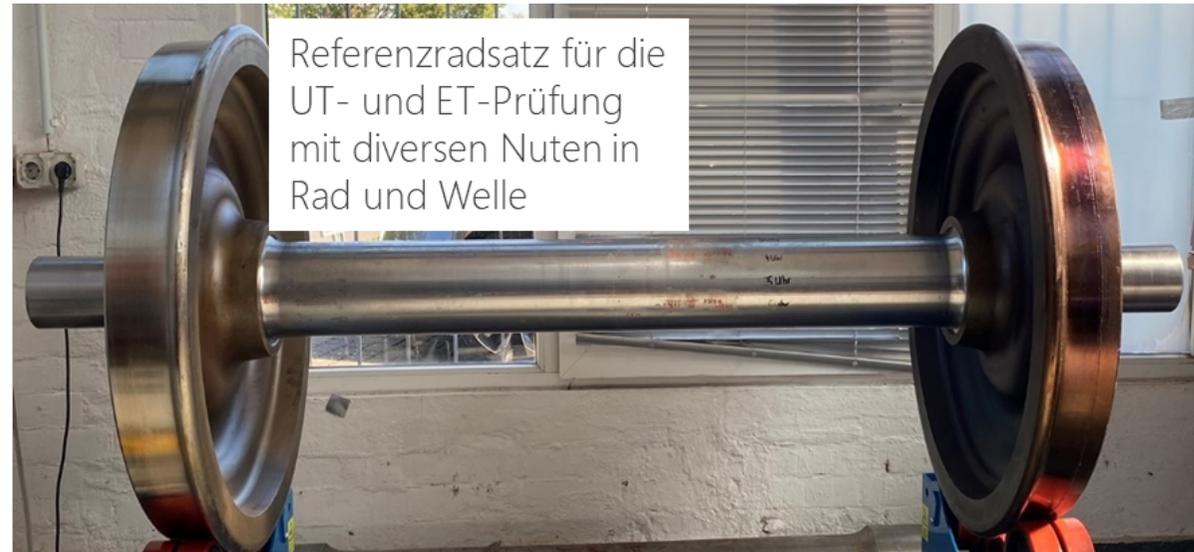
Sonde für den Übergangsradius zum Spurkranz



VPI-Untersuchung und Validierung der ET-Prüfung für Laufflächen

Aufwendige Validierung des Prüfsystems mit Nuten durchgeführt

- diverser Größe
- diverser Position

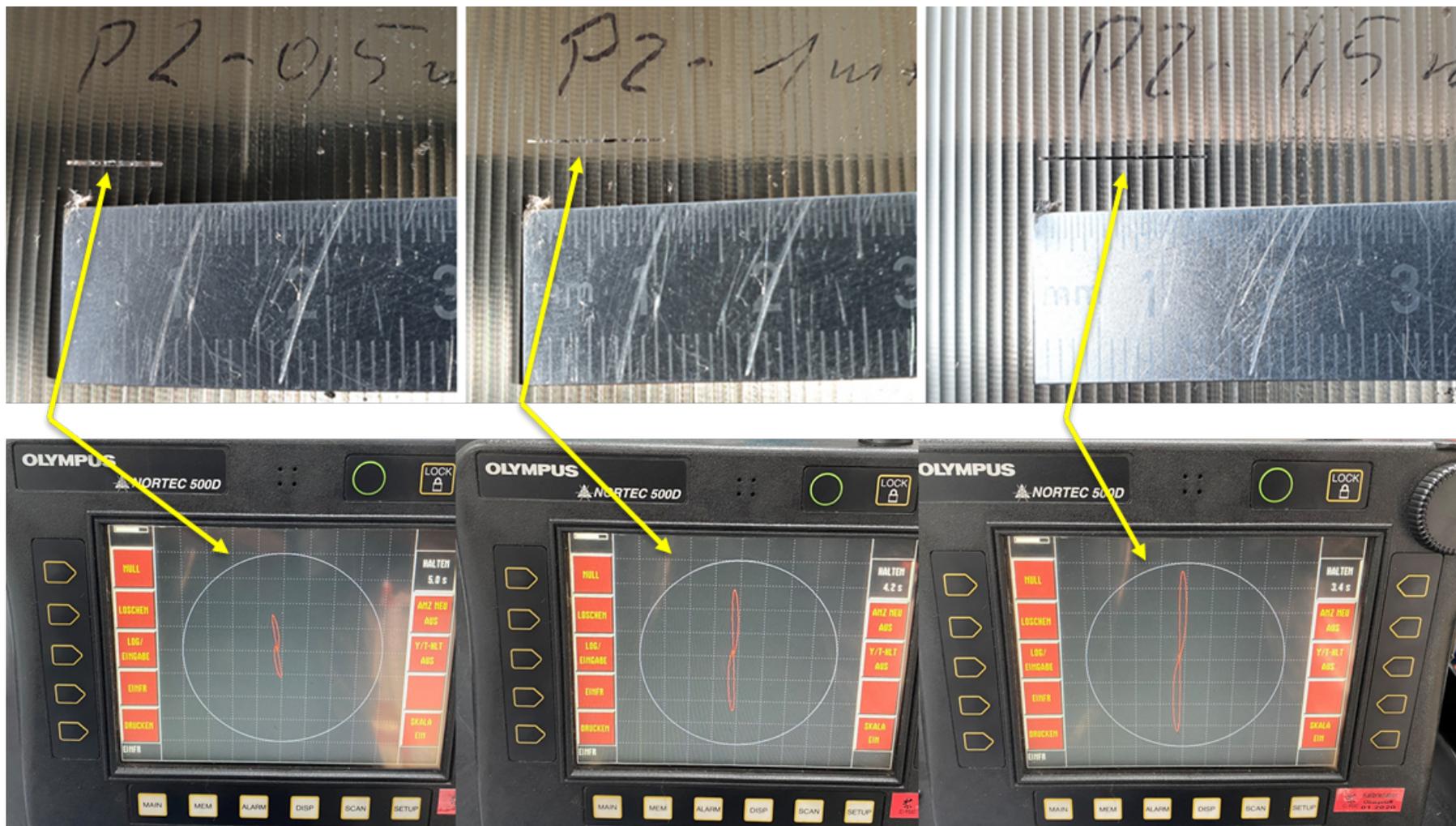


20 Referenz-
nuten in Vollrad



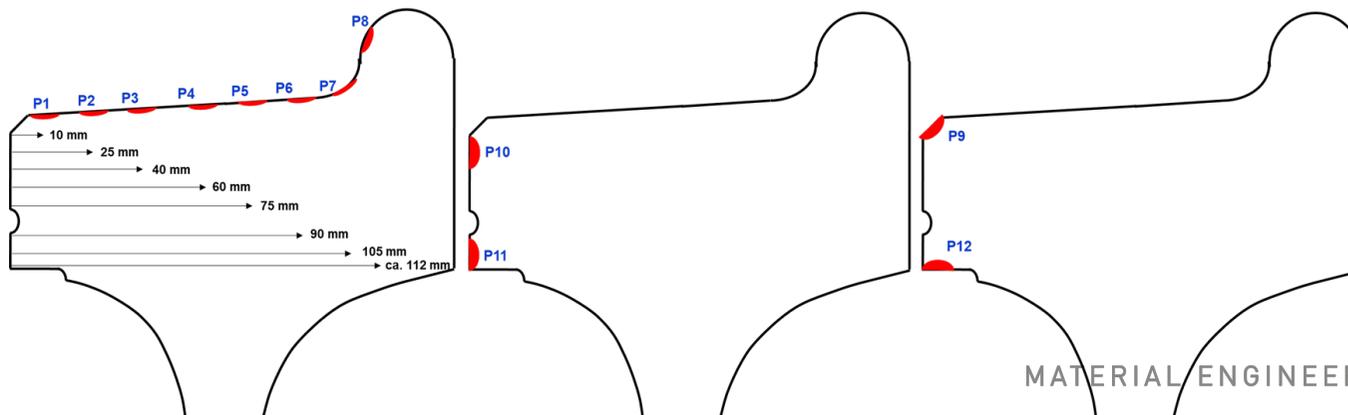
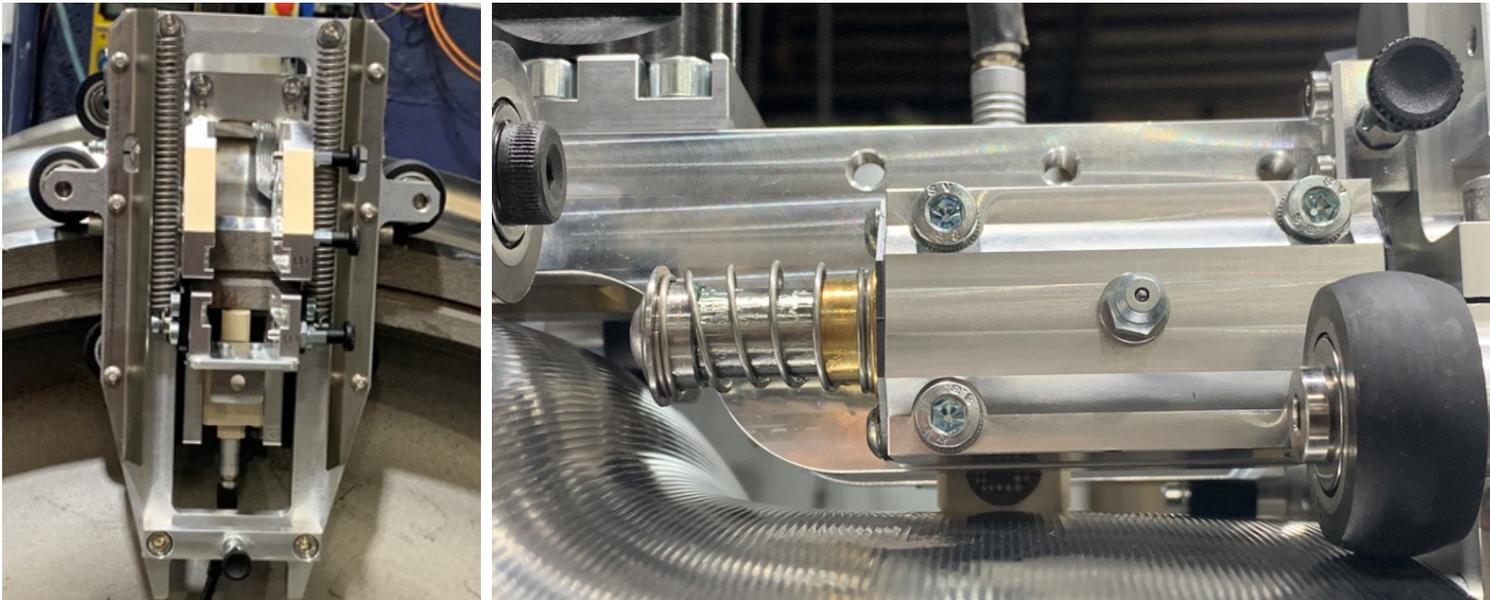
VPI-Untersuchung und Validierung der ET-Prüfung für Laufflächen – Prototyp 1

- Alle Referenznuten werden mit sehr Nutzsignal/Störsignal-Verhalten gefunden
- Einfache, übersichtliche Fehleranzeige am Prüfgerät



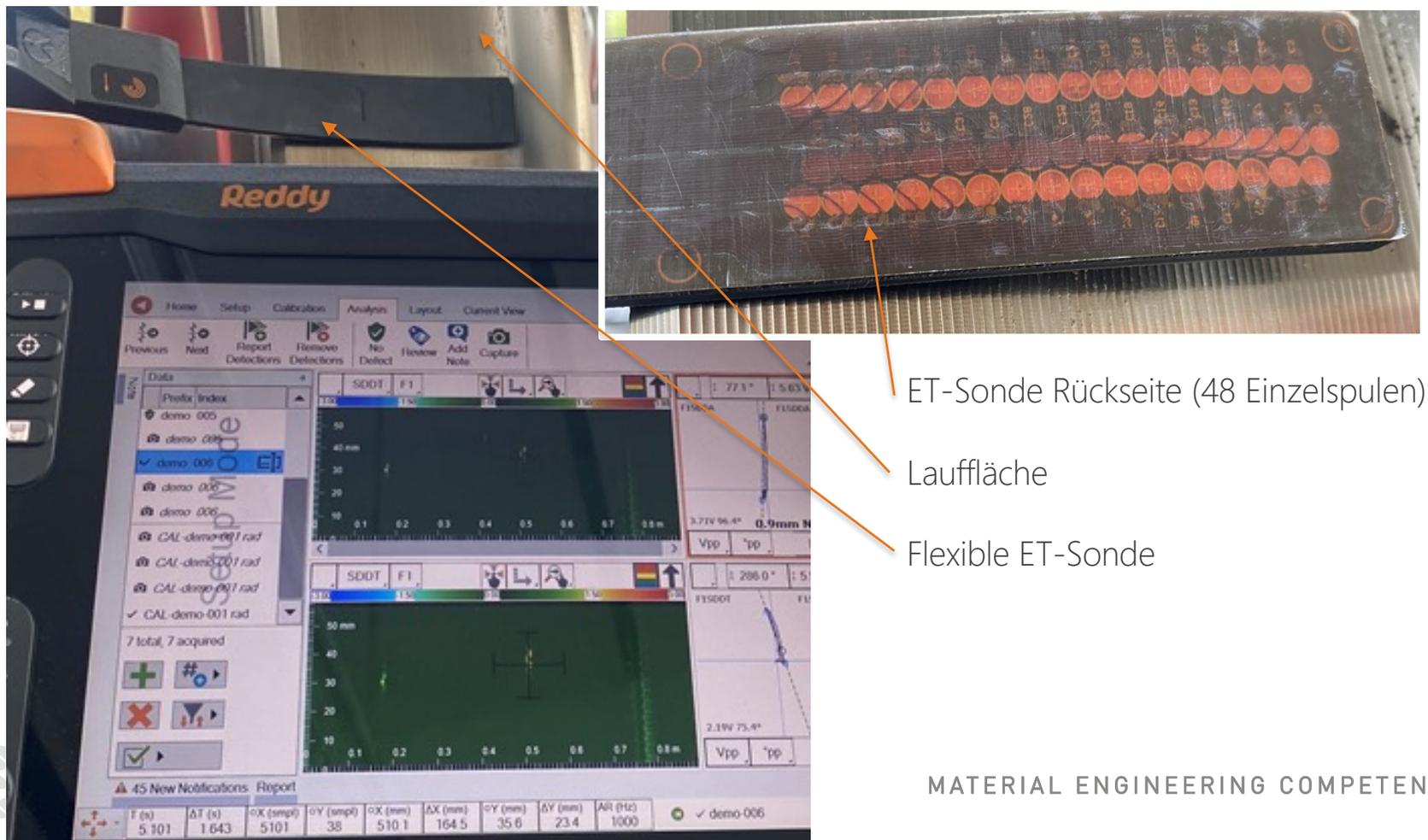
VPI-Untersuchung und Validierung der ET-Prüfung für Radkränze – Prototyp 2

- Prüfung mit mehreren Sonden in 12 Sonden-Positionen
- Validierung mit zwei Referenz-Radsätzen ist erfolgreich erfolgt
- Prüfanweisung liegt vor



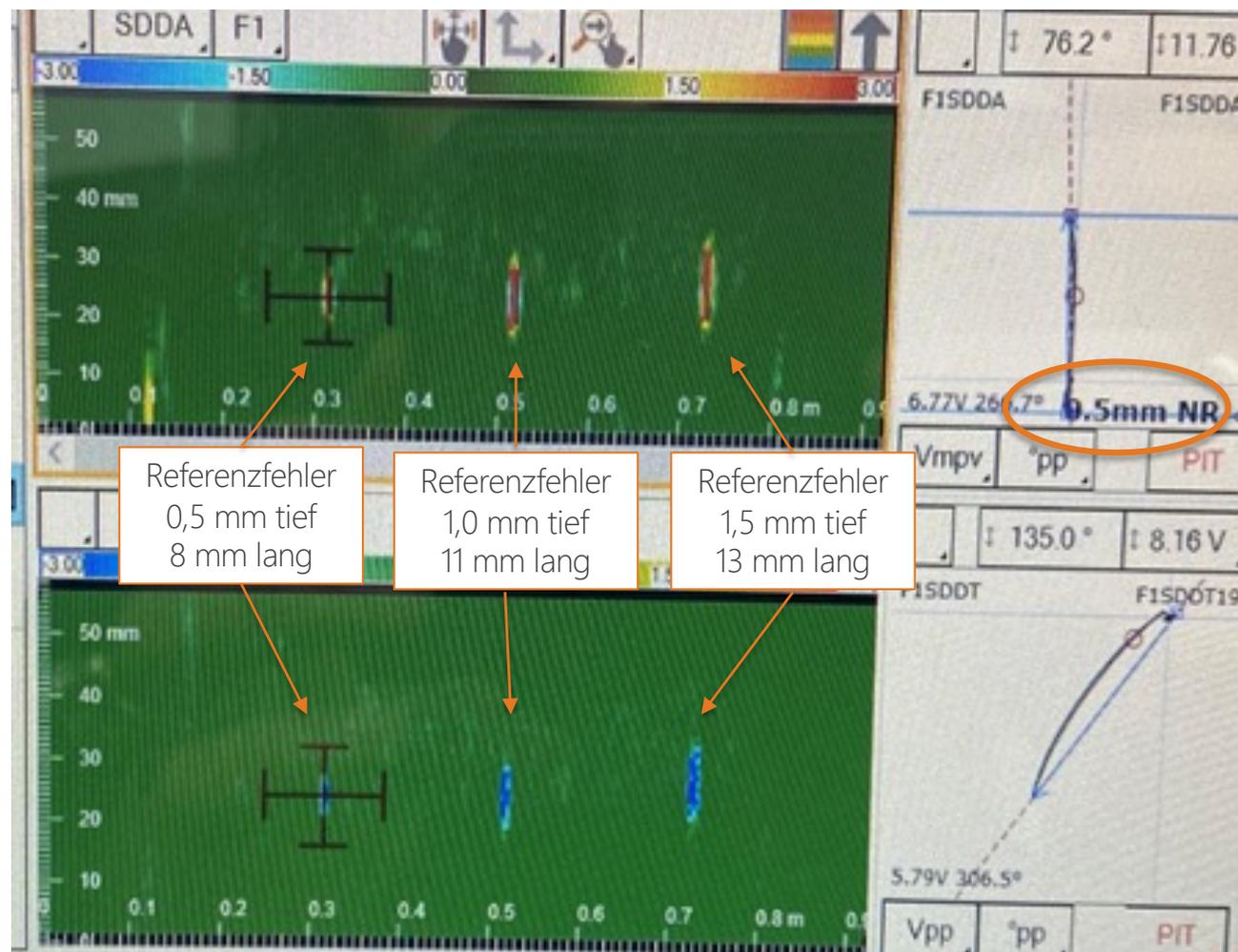
Ausblick – Wirbelstrom-Arrays

- Erster Test für die Anwendung von Wirbelstrom-Arrays für die Laufflächenprüfung
 - Biegsames Array aus 48 Einzelspulen, das sich an die Kontur anpassen kann
 - Hohe Empfindlichkeit in Kombination mit hoher Prüfgeschwindigkeit



Ausblick – Wirbelstrom-Arrays

- Wegaufnehmer-gestütztes System gestattet Erfassung/Dokumentation aller Rohdaten
- Grundsätzlich ist eine Tiefenmessung und Längenmessung von Fehlern möglich



- Prototyp-Prüfsystem erfüllt die Erwartungen und wurde erfolgreich validiert
- Da nun 3 alternative Prüfverfahren für die Prüfung von Radkränzen vorliegen (ET, UT, MT), wäre es sehr hilfreich, einheitliche, bauteilspezifische Zulässigkeitsgrenzen zu etablieren
- Hinweis für die Anwendung der ET-Prüftechnik:
 - Referenzkörper mit Referenznuten erforderlich
 - Personalqualifizierung im Verfahren ET im Sektor Bahn erforderlich
- Zukünftige Perspektiven denkbar:
 - Qualifizierung starrer oder flexibler Arrays für die Radkranzprüfung
 - Qualifizierung starrer oder flexibler Arrays für die Radsatzwellen
 - Mechanisierte/automatisierte Prüfsysteme





WERKSTOFFSERVICE

MATERIAL ENGINEERING COMPETENCE

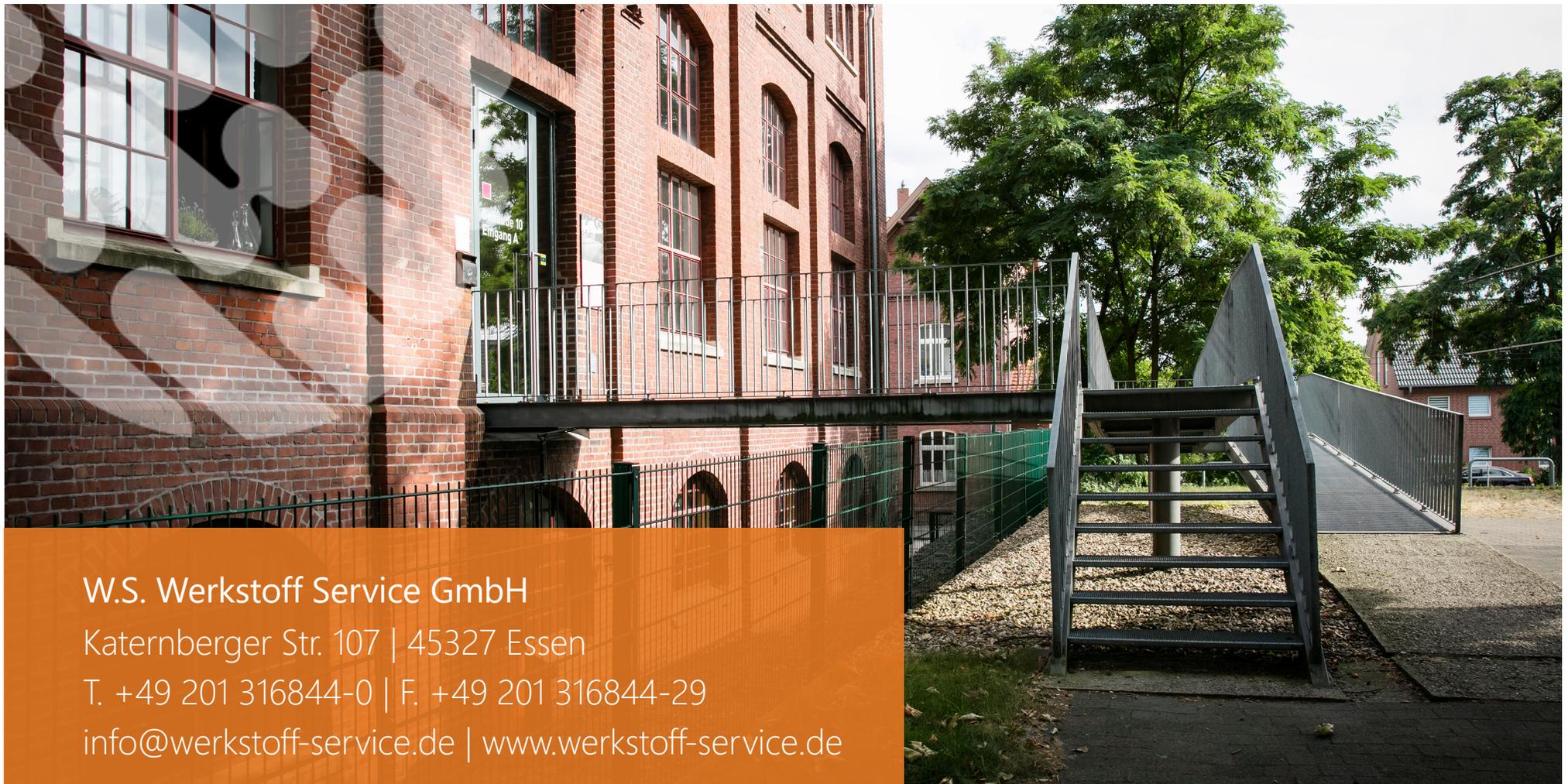
Vielen Dank

für Ihre Aufmerksamkeit



WERKSTOFFSERVICE

MATERIAL ENGINEERING COMPETENCE



W.S. Werkstoff Service GmbH

Katernberger Str. 107 | 45327 Essen

T. +49 201 316844-0 | F. +49 201 316844-29

info@werkstoff-service.de | www.werkstoff-service.de