

Gibt es großserientaugliche zerstörungsfreie Prüfmethoden zur Beurteilung des Klebstofffüllgrades im Automobilbau?

Inga Wehmeyer

Maik Broda

Ford Forschungszentrum Aachen GmbH

VDI-Expertenforum – Zerstörungsfreie Prüfung an Industrieteilen
Garching, 13. April 2010



Research & Advanced Engineering

VDI – Expertenforum
April 2010

Feel the difference



Gliederung

- Zerstörungsfreie Prüfverfahren bei Ford
- VDI-Fachausschuss ZfP
- Anforderungen an den Klebstofffüllgrad in Bördelflanschen
- Vergleich von Prüfmethoden
 - Neutronenradiographie
 - Röntgen-Computertomographie
 - Röntgendurchstrahlung (Radiographie)
 - Ultraschall
 - Thermographie
- Zusammenfassung & Ausblick



Zerstörungsfreie Prüfverfahren bei Ford (Beispiele)

- Serieneinsatz:
 - Ultraschallprüfung von Schweißnähten
 - Röntgendurchstrahlung von Gussteilen (Alu & Mg)
- Entwicklung Europa / Nordamerika:
 - Film-Radiographie
 - Digital-Radiographie
 - Echtzeit-Radiographie
 - Röntgen-Computertomographie



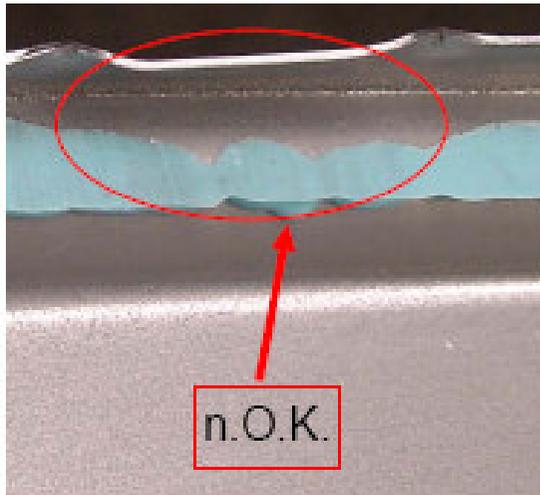
VDI-Fachausschuss:

„Anwendungsnahe zerstörungsfreie Werkstoff- und Bauteilprüfung“

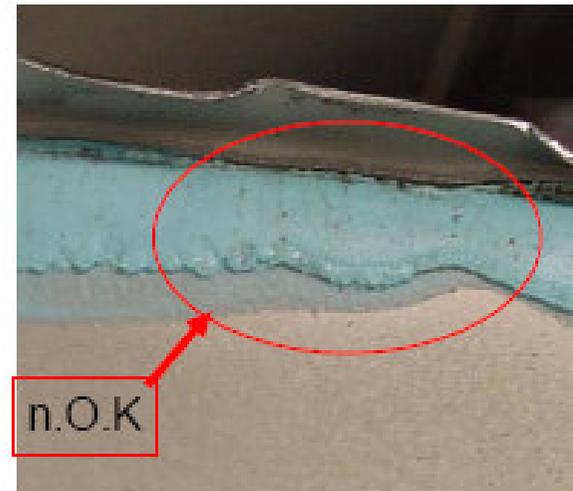
- Teilprojekt: Großserientaugliche zerstörungsfreie Prüfung des Klebstofffüllgrades im Bördelflansch von PKW-Türen
- Aktives Konsortium:



Beurteilung des Füllgrades



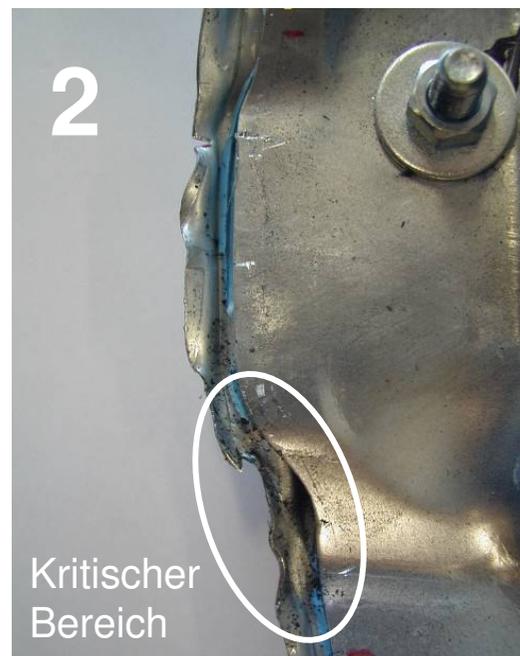
~40 / 0 / 0



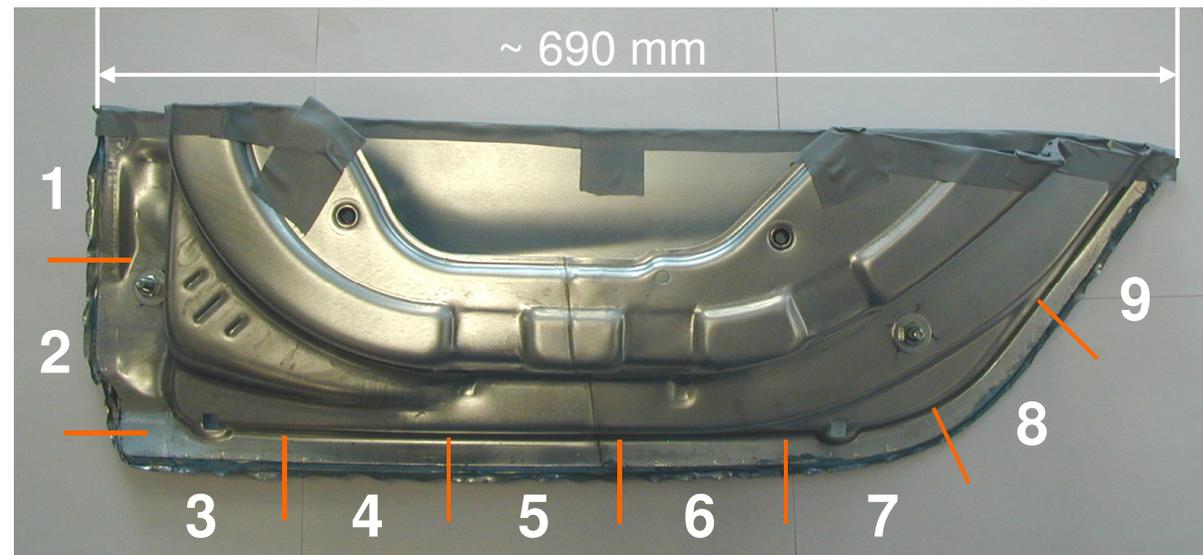
~60 / ~40 / 0



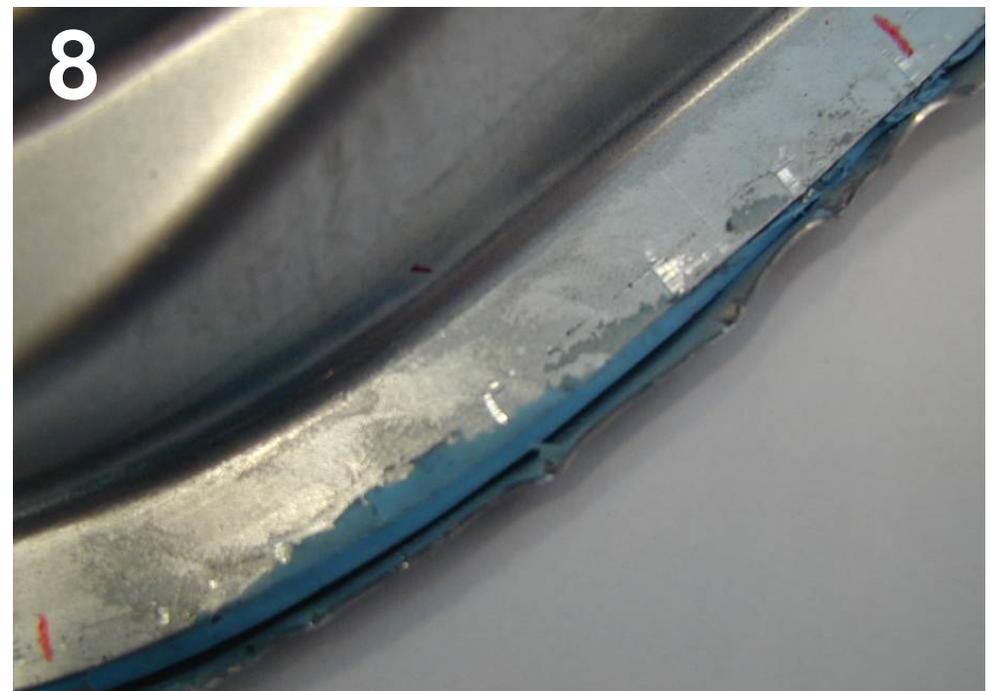
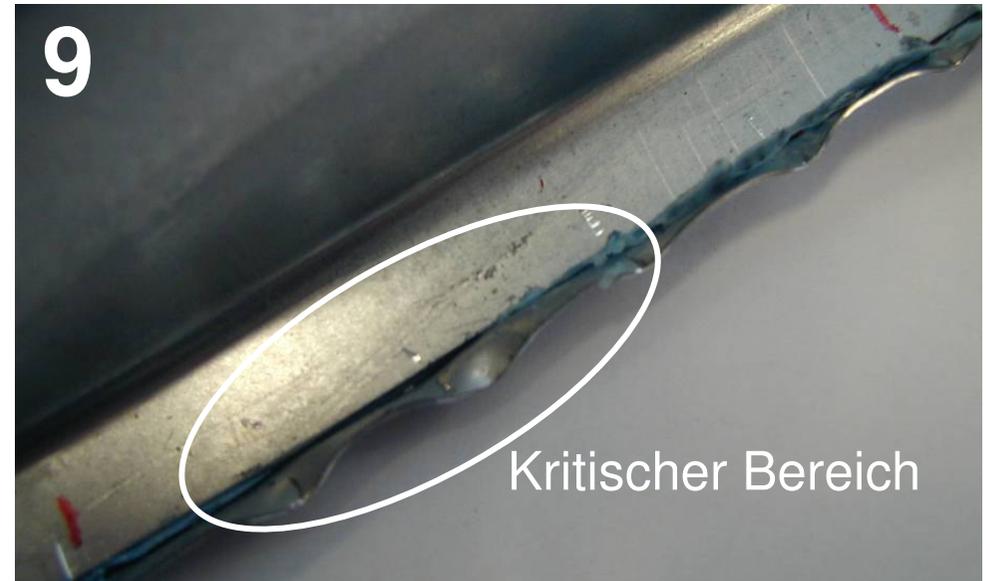
Validierung der Prüfmethoden -1-



- Der untere Teil einer PKW-Tür (bewusst mit Fehlern versehene Versuchstür, ohne Lackierung) wird nacheinander an alle Projektpartner geschickt.
- Das Außenblech einer identischen Tür wurde aufgebördelt. Zur besseren Übersicht wurde die Bördelkante in Abschnitte von 10 cm eingeteilt und abschnittsweise fotografiert.



Validierung der Prüfmethoden -2-

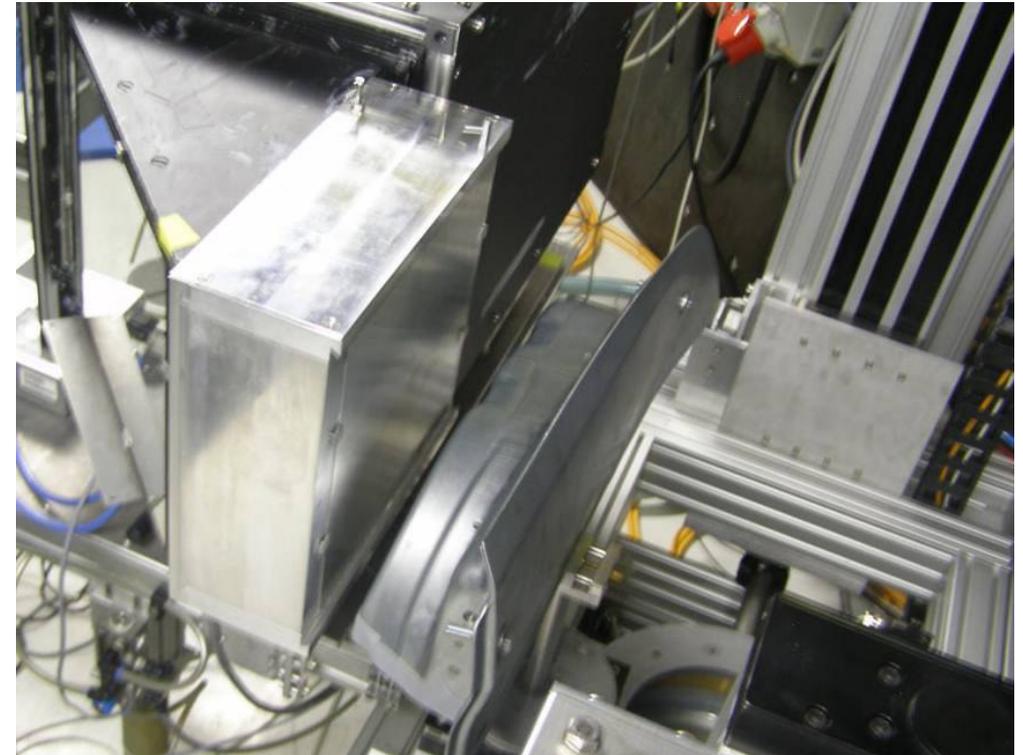
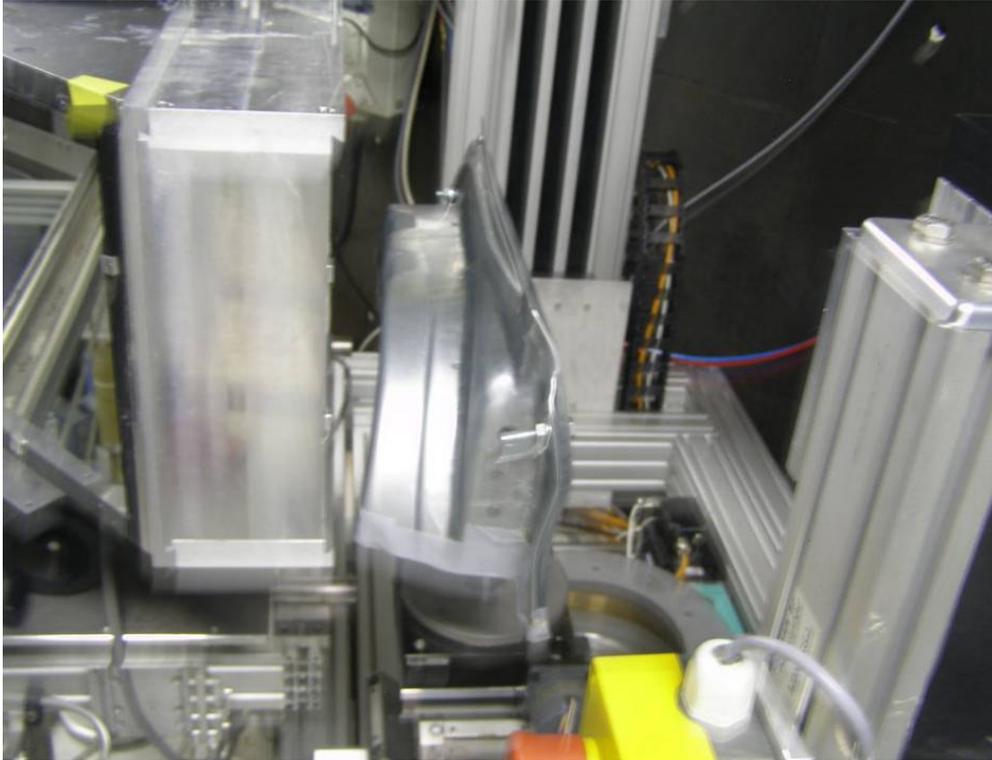


Vergleich der Prüfmethoden

- Neutronenradiographie
- Röntgen-Computertomographie
- Röntgendurchstrahlung (Radiographie)
- Ultraschall
- Thermographie



Neutronenradiographie - Messaufbau

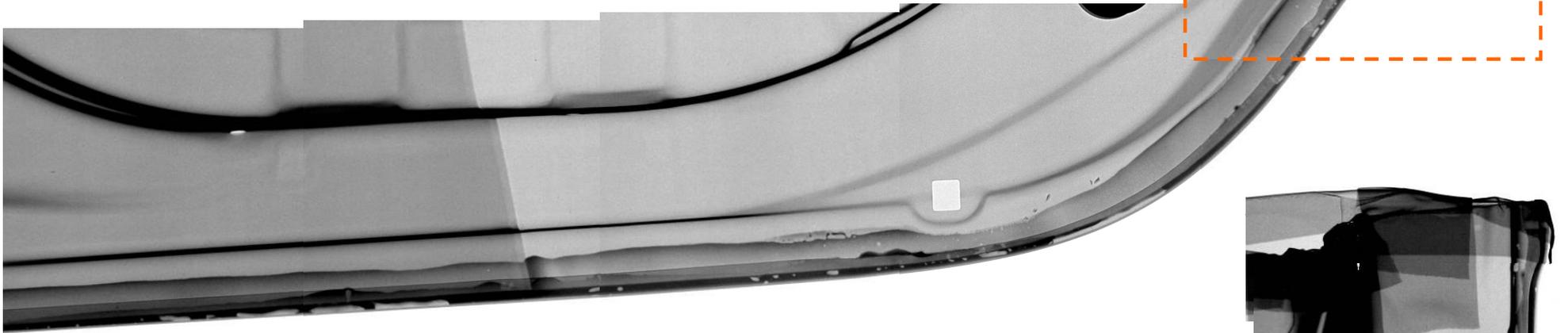


Neutronenradiographie
(Anlage FRM II, TU München)



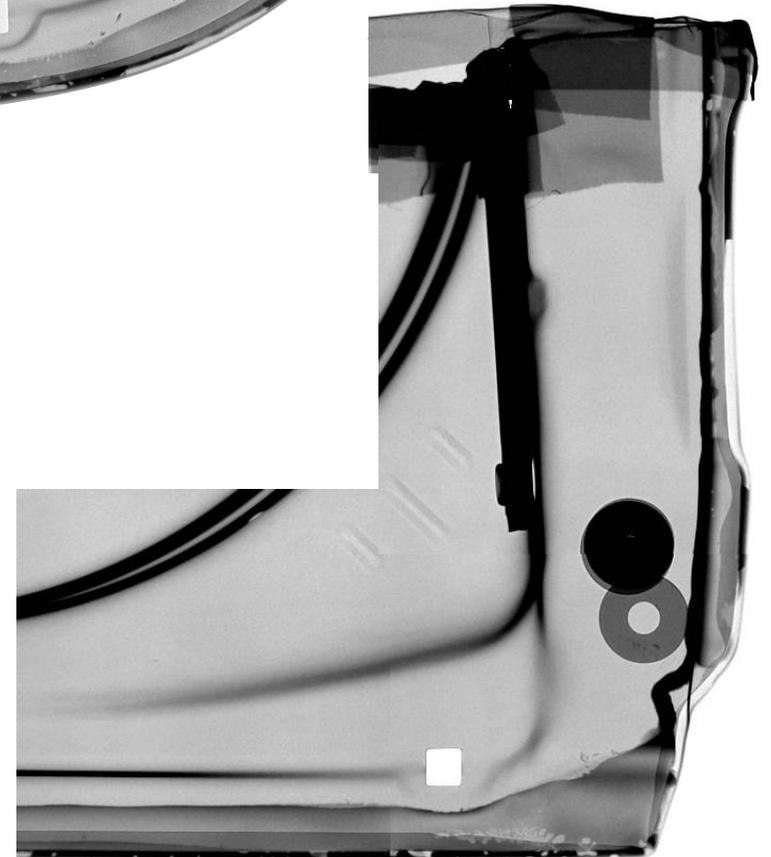
Neutronenradiographie Ergebnisse

Größe des Messfeldes:
120 * 120 mm

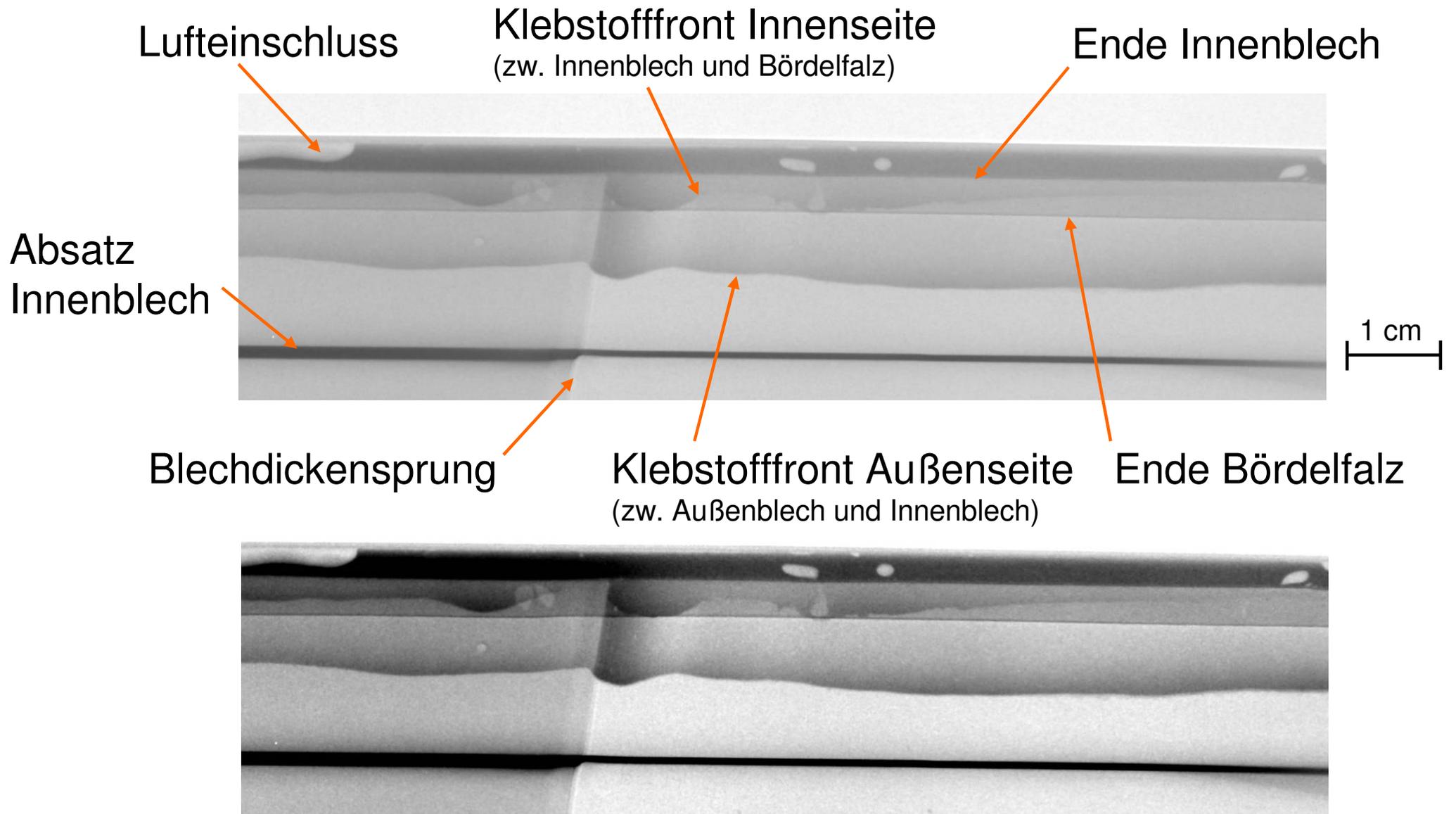


Hinterer Teil der Tür
(von innen betrachtet)

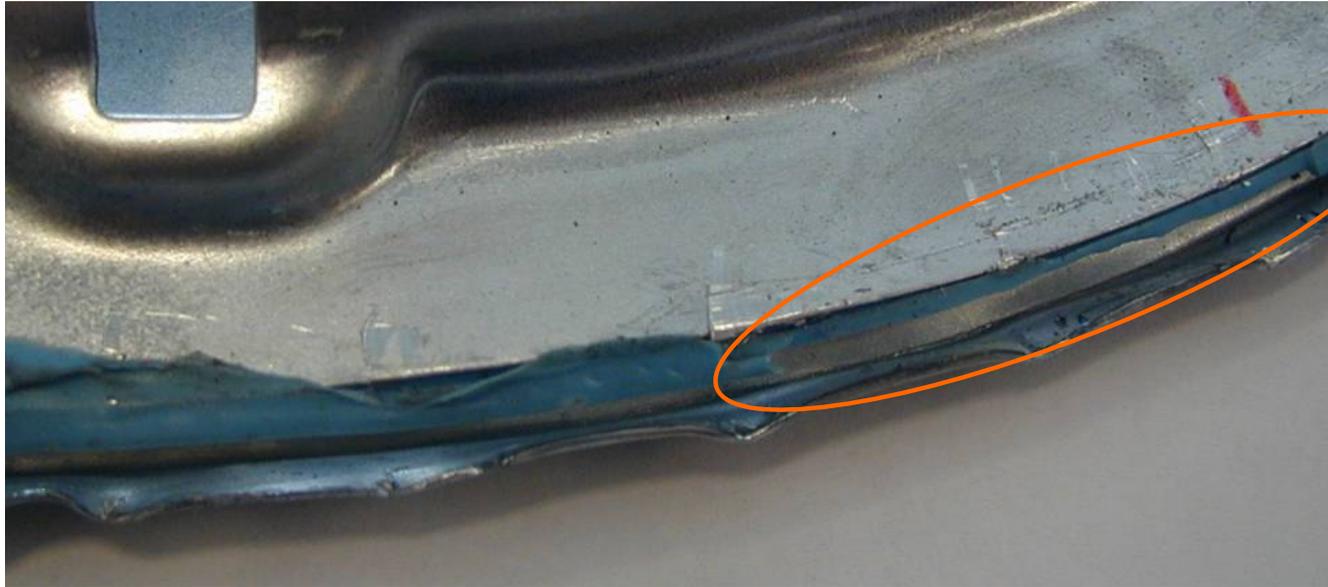
Vorderer Teil der Tür
(von außen betrachtet)



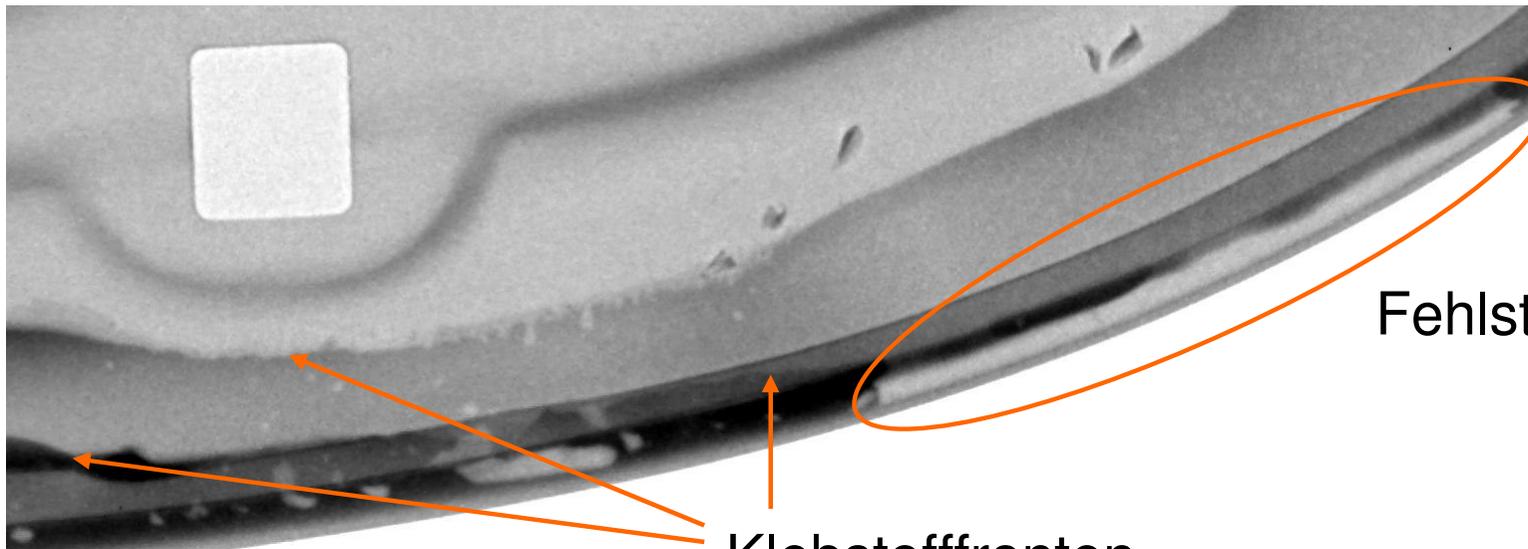
Detailanalyse der Ergebnisse



Validierung Neutronenradiographie -1-



1 cm

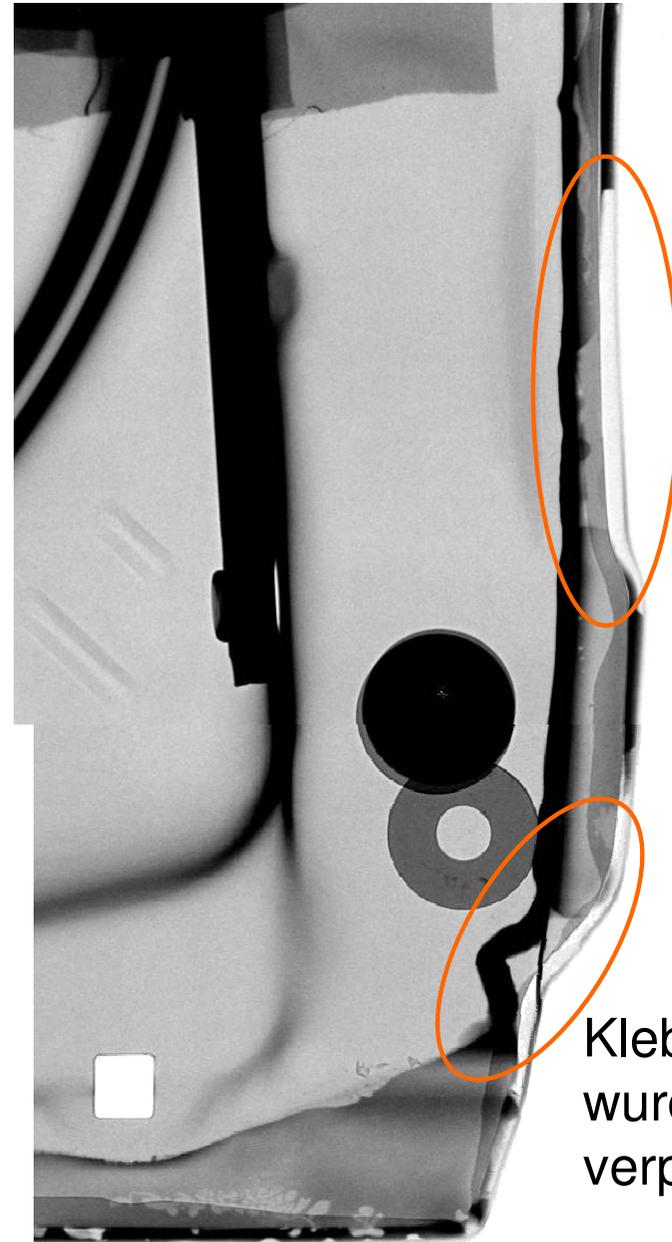


Fehlstelle

Klebstofffronten



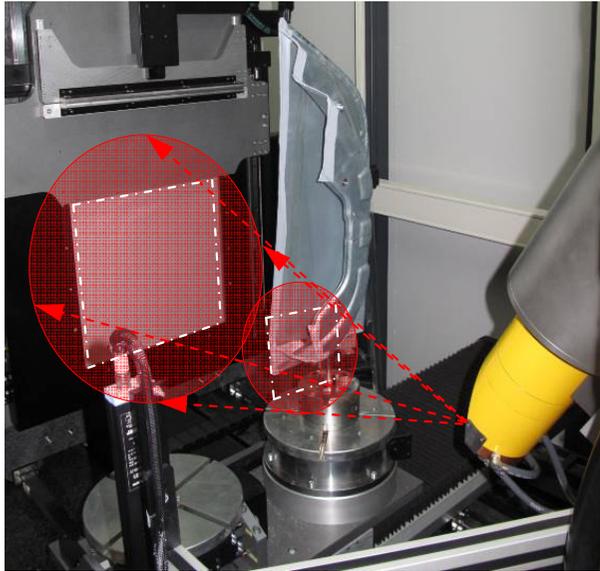
Validierung Neutronenradiographie -2-



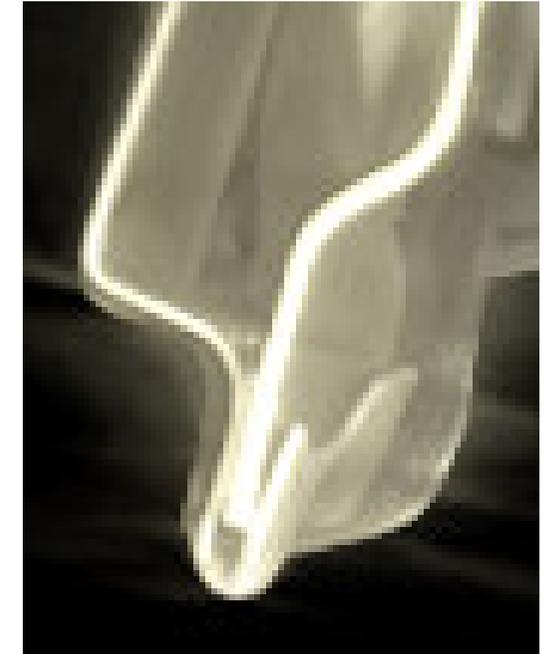
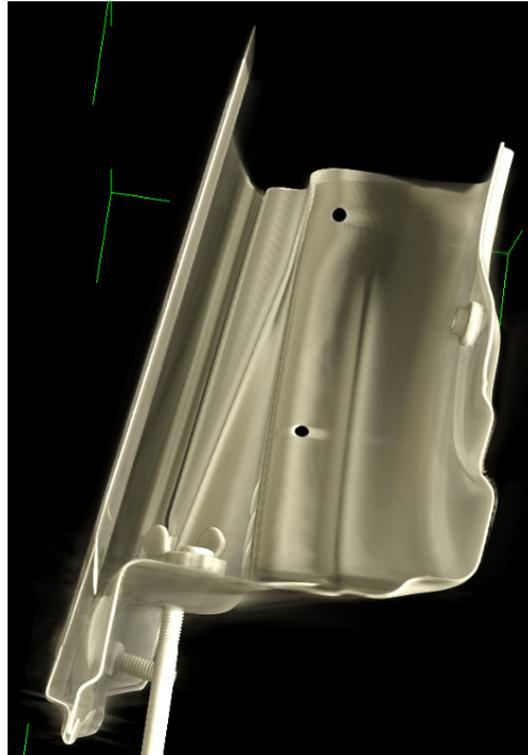
Klebstoffwulst
wurde nicht
verpresst



Röntgen-Computertomographie



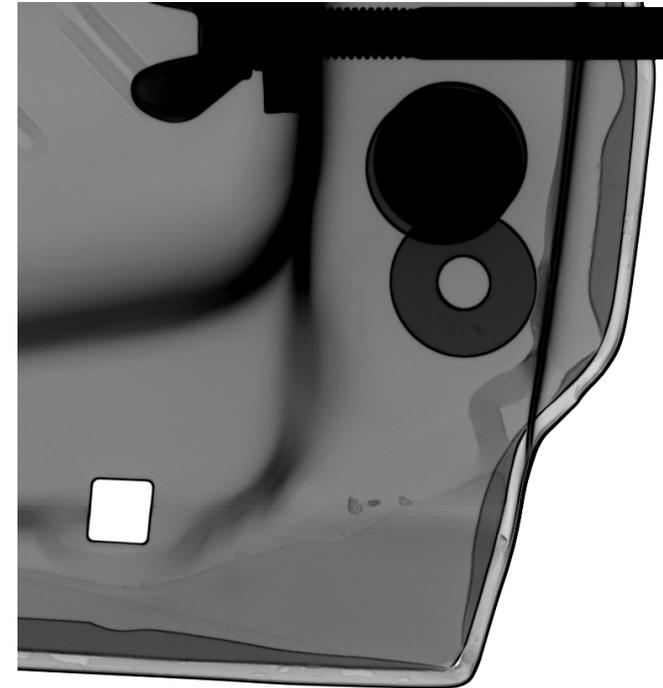
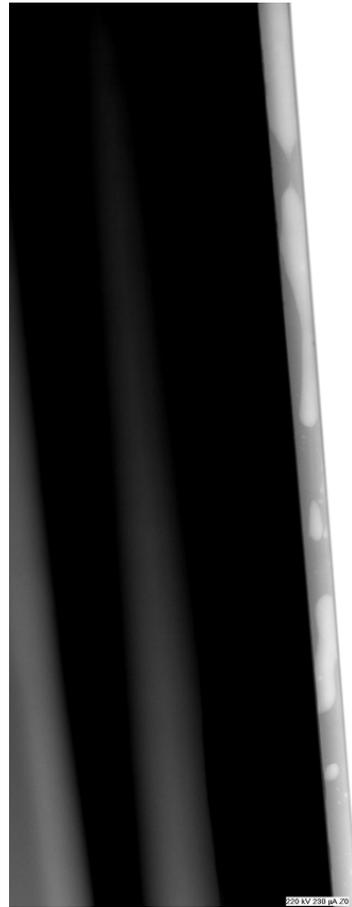
CT-Großanlage (DLR)
Detektor (links), Mikrofokus
Röntgenröhre (rechts)



3D CT-Analyse

➔ Aufgrund der Auflösung ist die Röntgen-Computertomographie für Bauteile dieser Größenordnung nicht geeignet

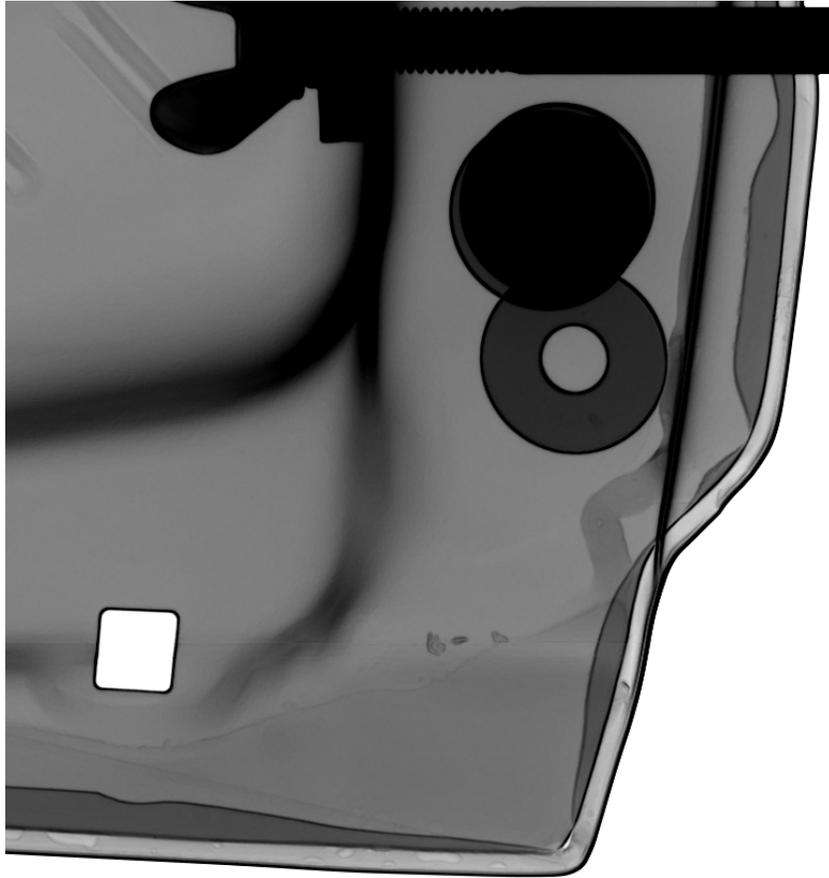
Röntgendurchstrahlung - Ergebnisbeispiele



Variation der Intensität



Vergleich Röntgendurchstrahlung & Neutronenradiographie



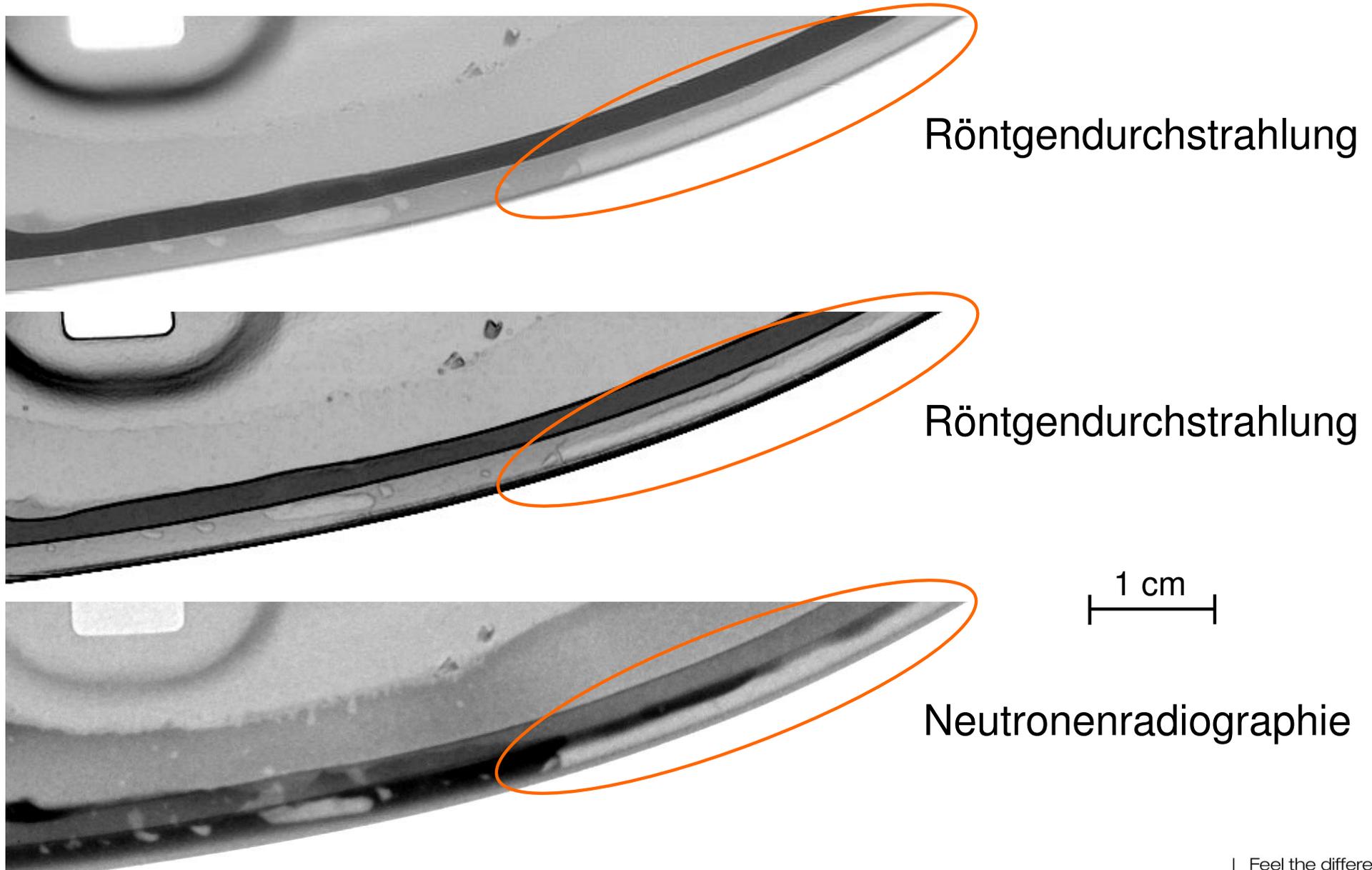
Röntgendurchstrahlung



Neutronenradiographie

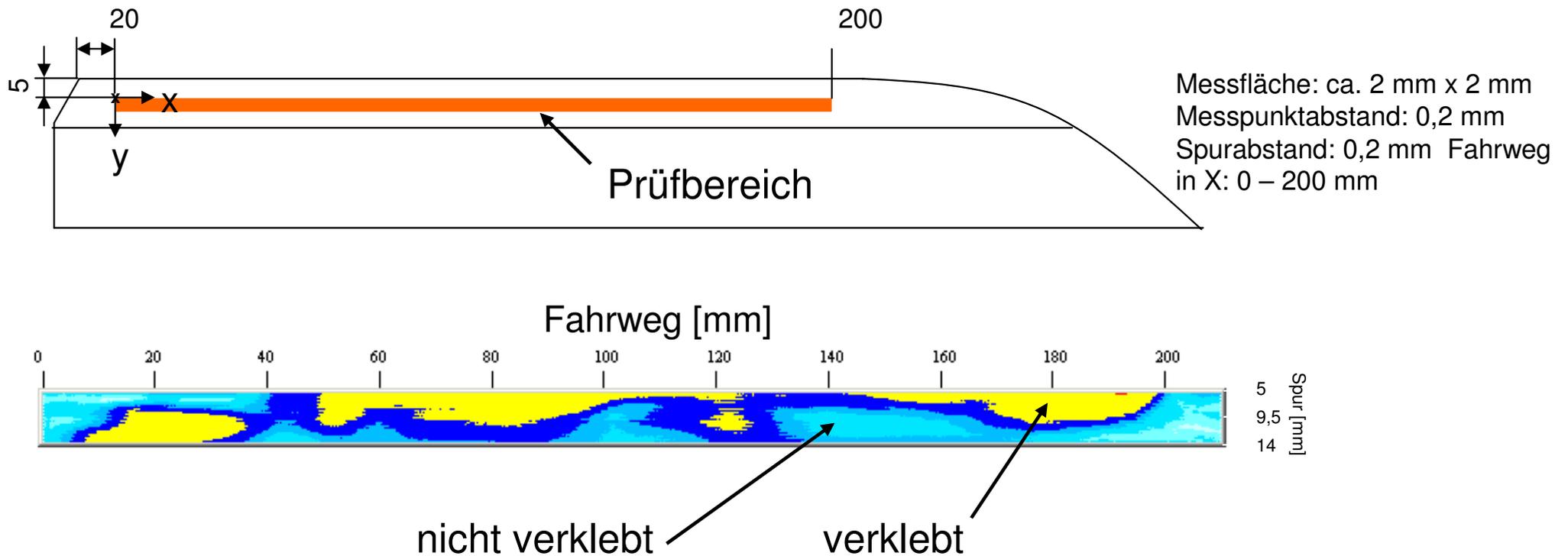


Vergleich Neutronenradiographie & Röntgendurchstrahlung



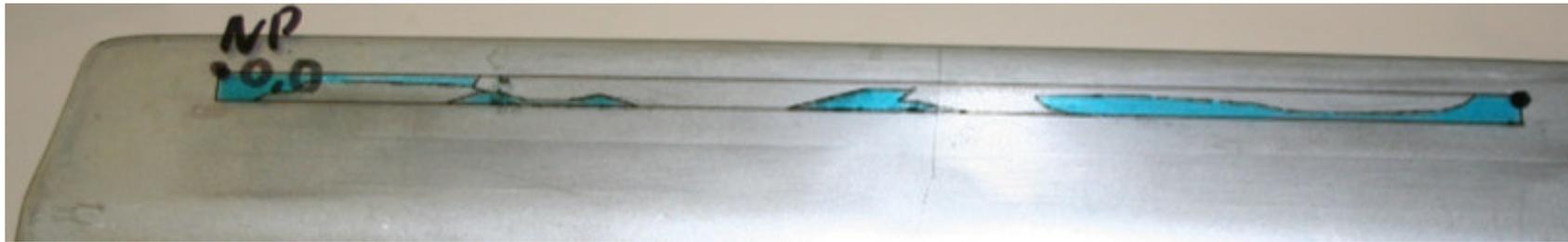
Ultraschallmessung

- Messbereich und Ergebnisse der Ultraschallmessung der Blechverklebung (BAM)

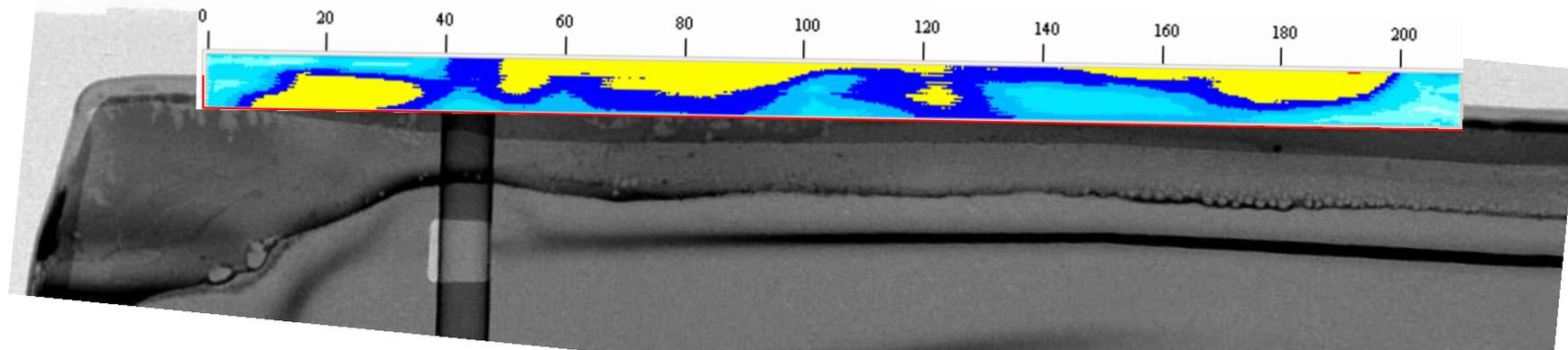


- Vorherige Untersuchungen haben gute Ergebnisse bei der Messung von Metall-Klebstoff-Metall-Verbindungen ergeben.

Vergleich Ultraschall & Neutronenradiographie



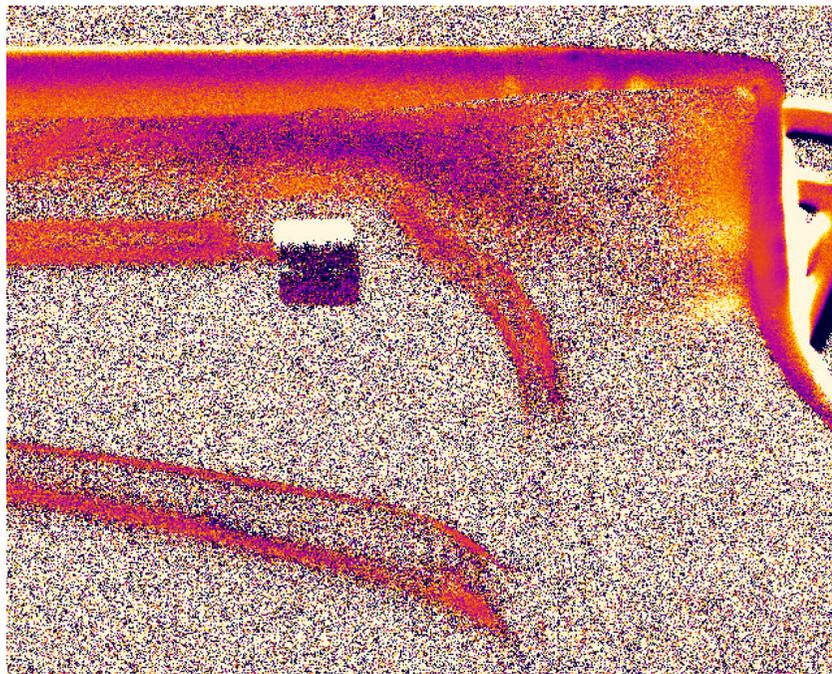
Hellblau = nicht verklebt



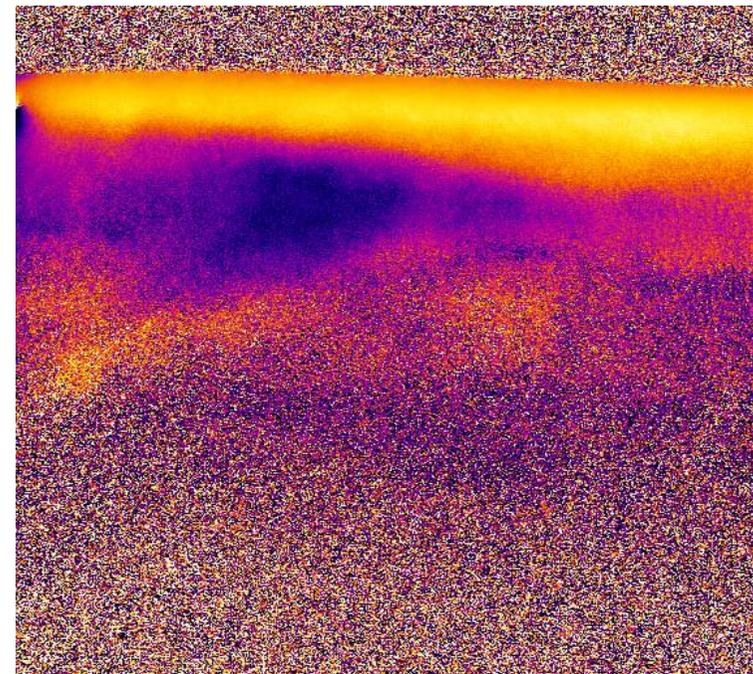
- ➔ Die durchgeführten Messungen von Metall-Klebstoff-Metall-Klebstoff-Metall-Verbindungen zeigen zunächst keine eindeutigen Übereinstimmungen zu den Ergebnissen der Neutronenradiographie.

Lock-in Thermographie

Messergebnisse Lock-in Thermographie, Phasenverschiebung,
Frequenz 2 Hz (DLR, edevis)



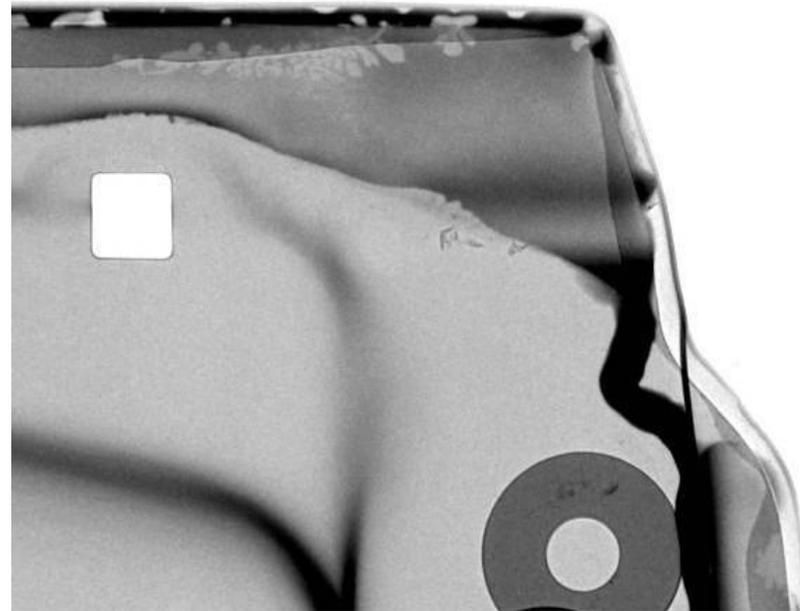
Türinnenseite



Türaußenseite

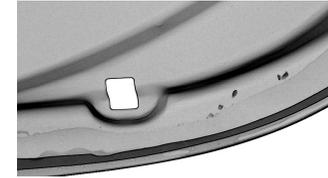


Vergleich Thermographie & Neutronenradiographie



- ➔ Die Thermographie ist für dieses Bauteil nicht geeignet, da lediglich sehr große Fehlstellen dargestellt werden können.

Zusammenfassung & Ausblick



Bisherige Ergebnisse der ZfP der PKW-Tür:

- Neutronenradiographie liefert das beste Kontrastverhältnis
- Röntgendurchstrahlung hat ein gutes Kontrastverhältnis und eine hohe Auflösung
- Röntgen-Computertomographie aufgrund der Auflösung ungeeignet
- Ultraschallverfahren muss weiter analysiert werden
- Thermographie nicht geeignet, da die Auflösung zu gering ist

Weitere zu untersuchende Prüfverfahren:

- Ultraschall - Detailuntersuchungen
- Röntgen – Klebstoff mit Kontrastmittel
- Wirbelstrom

Abschließende Beurteilung der Möglichkeit eines Einsatzes in der Großserie.

