



## HOCHFREQUENZ-ULTRASCHALLPRÜFUNG AM BEISPIEL PRESSGEHÄRTETER STÄHLE OPTIMIERUNG DER QUALITÄT DER LASERSCHWEIßNAHT

### Übrigens, kennen Sie schon unsere industrietauglichen akkreditierten Dienstleistungen?

- Kompetenzbescheinigung des akkreditierten Prüflabors entsprechend DIN EN ISO / IEC 17025, (neue) zerstörungsfreie Prüfverfahren für die industrielle Prüfpraxis zu qualifizieren und validieren
- Schneller Transfer bis zur Marktreife und Möglichkeit für den qualifizierten, normenkonformen Einsatz in industriellen Anwendungen sowohl für komplette Neu-Entwicklungen (Eigenentwicklungen) oder für maßgeschneiderte Anpassungen innovativer ZFP-Technologien auch in bisher nicht genormten Aufgabenfeldern
- Zertifizierung des zugehörigen Qualitätsmanagementsystems nach DIN EN ISO 9001



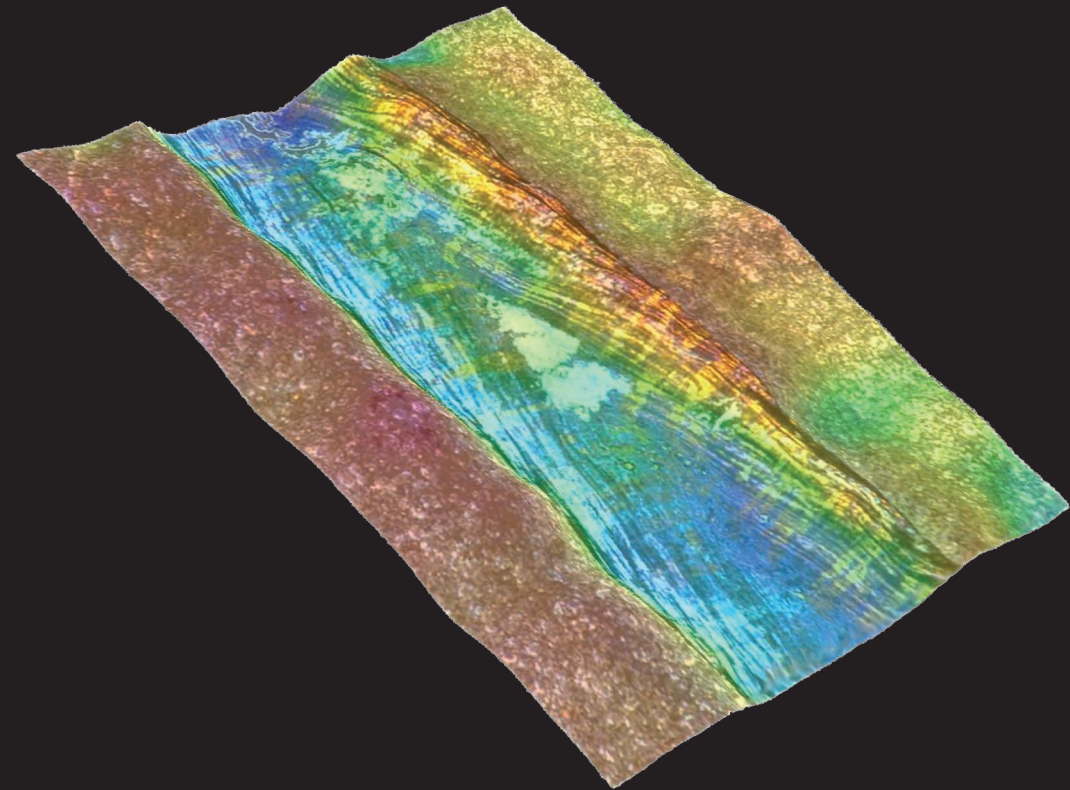
### Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Campus E3 1  
66123 Saarbrücken

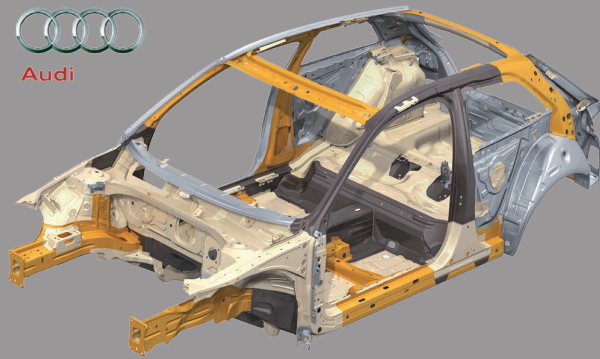
+49 681 9302 0

info@izfp.fraunhofer.de  
www.izfp.fraunhofer.de

»Fraunhofer« und »IZFP«  
sind registrierte Handels-  
marken.



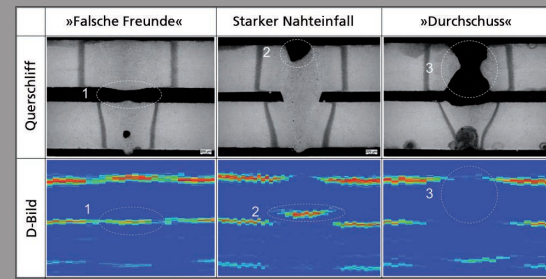
3D-Profil einer Laserschweißnaht



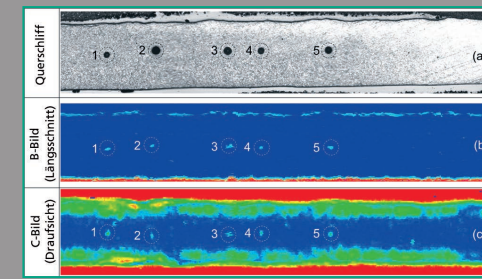
### Audi A3 Karosseriematerialien

- Ultrahochfeste Stähle (warmumgeformt)
- Höchstfeste Stähle
- Hochfeste Stähle
- Weiche Stähle

Bildquelle: AUDI



Typische Fehlstellen beim Laserstrahlschweißen im Querschliff und im Ultraschall-D-Bild



Porenzeile (Durchmesser 0,2 - 0,4 mm) in der Fügeebene im Querschliff und im Ultraschall B- bzw. C-Bild

### Situation

In der modernen Automobilproduktion verschärft sich zunehmend das Spannungsfeld zwischen steigenden Sicherheitsanforderungen, der Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und dem kundenseitigen Interesse an maximalem Komfort. Alle Automobilhersteller sind daher gefordert, individuelle Leichtbaustrategien zu entwickeln. Eine Facette ist dabei der stark zunehmende Einsatz pressgehärteter Stähle (22MnB5) für crash-stabile Strukturbauteile (Stoffleichtbau). Etablierte Fügeverfahren sind bisher das Widerstandspunktschweißen sowie punktuelle mechanische Fügeverfahren. Das Laserstrahlschweißen bietet hierzu im Vergleich erhebliche Vorteile, insbesondere durch linienartige Fügeverbindungen mit reduzierten Schweißflanschen bei gleichzeitig optimiertem Kraftfluss. Diese inhärenten Vorteile können derzeit nicht vollständig ausgeschöpft werden. Das Laserschweißen ultrahochfester Stähle stellt aufgrund bisher nicht überwundener Restriktionen einen nicht vollständig beherrschbaren Prozess dar. Einen wertvollen Beitrag können hierzu ein lückenloses Prozessmodell, die Qualitätssicherung mittels ZfP über den gesamten Fügeprozess sowie ein spezifisches Steuerungs- und Regelkonzept leisten, um qualitätsgesicherte und stabile Produktionsprozesse bei voller Ausschöpfung des Leichtbaupotenzials zu gewährleisten.

### Aufgabe

Zur Umsetzung vollständig beherrschbarer Prozesse sollen in diesem ersten Arbeitspaket neue Lösungsmöglichkeiten erarbeitet werden, wie durch Integration weiterentwickelter Hochfrequenz-Ultraschallprüfung eine schnelle und effiziente Post-Prozess-Überwachung, Dokumentation und Optimierung der Laserschweißnahtqualität erreicht werden kann. Dadurch soll im Vergleich zu herkömmlich eingesetzten metallographischen Quer- und Längsschliffen die Schweißnahtqualität deutlich schneller und effizienter bestimmt werden können.

### Durchführung

Im ersten Schritt wurden mittels Festkörperscheibenlaser (siehe Tabelle) Musterschweißproben aus ultrahochfestem Karosseriestahl im Überlappstoß durch eine linienförmige I-Naht hergestellt. Dabei

wurden verschiedene Schweißparameter wie Laserleistung, Schweißgeschwindigkeit, Fokusslage, Einstrahlwinkel, Spaltmaß zwischen den Fügepartnern und Schutzgas variiert, wodurch sich bei diesen Untersuchungen über 170 Einzelschweißproben ergaben.

Anhand zerstörender Prüfungen (Scherzugversuche, Härteverlaufsprüfungen, Metallographie) konnte im zweiten Schritt eine qualitative Bestimmung der relevanten Qualitätsmerkmale erfolgen. Die quantitative Bestimmung erfolgte sowohl mittels gängiger Referenzverfahren als auch mittels der zu validierenden Hochfrequenz-Ultraschallprüfung (Nennfrequenz 75 MHz). Im dritten Schritt konnten mit Hilfe des Ultraschallverfahrens schnell und effizient die optimalen Schweißparameter ermittelt werden.

Wellenlänge $\lambda$	Laserleistung $P_L$	Strahlqualität SSP	Durchmesser Laserlichtkabel
1030 nm	2000 W	8 mm·mrad	200 $\mu$ m
Kollimationsbrennweite	Objektivbrennweite	Fokusbrennweite $d_f$	Arbeitsabstand
200 mm	200 mm	200 $\mu$ m	167,5 mm

Daten der verwendeten Laserstrahlquelle (oben) und Laserschweißoptik (unten)

### Ergebnisse

Als relevante Qualitätsmerkmale bzgl. der Belastbarkeit konnten u. a. die Breite des Anbindequerschnitts und die Schweißnahtlänge ermittelt werden. Weitere relevante Merkmale sind die Schweißnaht- und Wurzelgeometrie, Fehlstellenexistenz und -lage sowie Schweißnahtverlauf.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Ultraschall-Prüfung zur Bestimmung aller relevanten Qualitätsmerkmale validiert werden konnte. Zusätzlich konnte auch die Eignung des Ultraschallprüfverfahrens zur Detektion typischer Fehlerarten beim Laserstrahlschweißen, wie »falsche Freunde«, »starker Nahtseinfall«, »Durchschüsse« (oben links) sowie Poren mit einem minimalen Durchmesser von ca. 0,2 Millimeter (oben rechts) nachgewiesen werden.