

IGF-Nr. 19.208 BR, DVS-Nr. 04.070

„Zerstörungsfreie Charakterisierung der Anbindungsfläche beim Widerstandspressschweißen durch bildgebende Analyse der Remanenzflussdichte“

Projektvorstellung

Dresden



DRESDEN
concept
Exzellenz aus
Wissenschaft
und Kultur

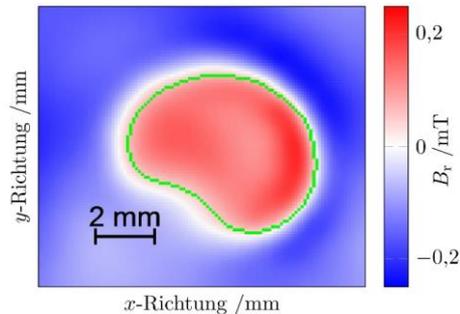
1

PROJEKTÜBERSICHT

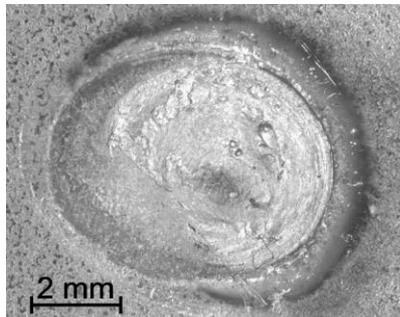
Thema:	Zerstörungsfreie Bewertung des Linsendurchmessers beim Widerstandspunktschweißen mit magnetischen Prüfverfahren
IGF-Vorhaben Nr.:	19.208 BR
Laufzeit:	10/2016 – 9/2018
Forschungsstelle:	Technische Universität Dresden Fakultät Maschinenwesen Institut für Fertigungstechnik Professur für Fügetechnik und Montage
Forschungsstellenleiter:	Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Füssel
Projektbearbeiter:	Dipl.-Ing. Christian Mathiszik +49 (351) 4633 5537 christian.mathiszik@tu-dresden.de
Industrieller Projektpate:	Dirk Altnau, BMW Group, BMW Leipzig

Motivation

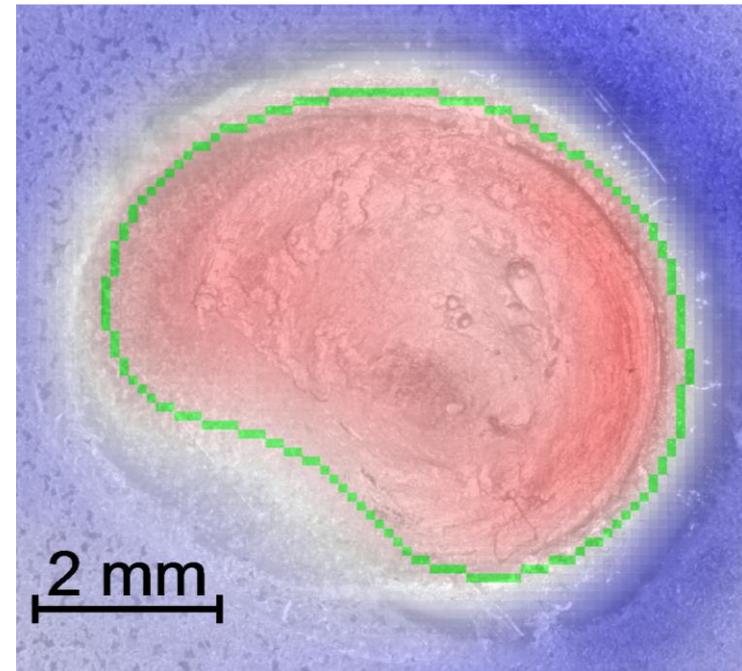
Für mehrschnittige Verbindungen und extreme Materialdickenkombinationen gibt es keine serientaugliche zerstörungsfreie Prüfmethode, die eine sichere Bewertung des Linsendurchmessers zulässt. Im Vorhaben **IGF 17.539 BR** wurde exemplarisch nachgewiesen, dass die bisher unzureichend untersuchte Remanenzmessung dafür geeignet ist.



ZfP durch bildgebende Analyse der Remanenzflussdichte



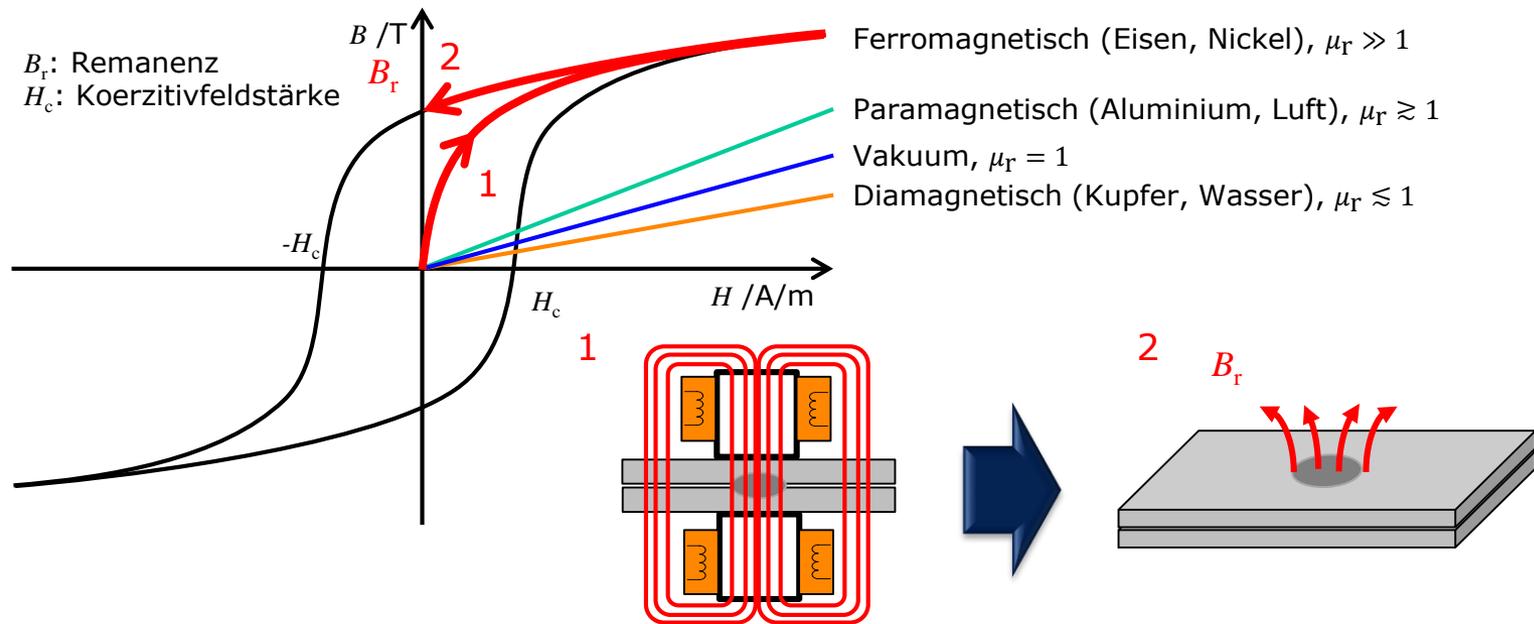
ZP durch Torsion



Maßstabsgerechte Überlagerung der Prüfergebnisse

Theoretische Grundlagen

Magnetismus, Ferromagnetismus – Hystereseschleife

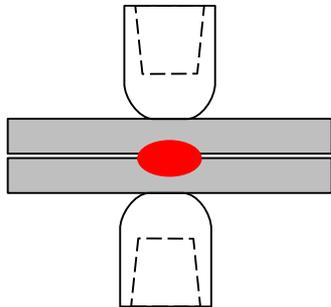


Quelle:

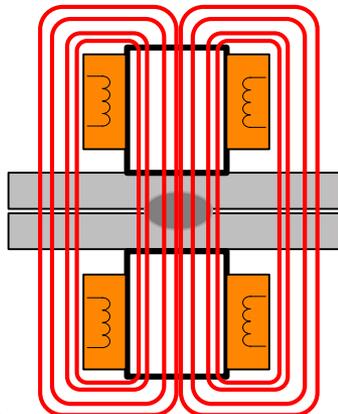
Mathiszik, Zschetsche, Füssel: Zerstörungsfreie Bewertung des Linsendurchmessers beim Widerstandspunktschweißen durch bildgebende Analyse der Remanenzflussdichte, 23. DVS-Sondertagung Widerstandsschweißen 2016, 29. – 30.6.2016, Duisburg, 2016

Prüfablauf

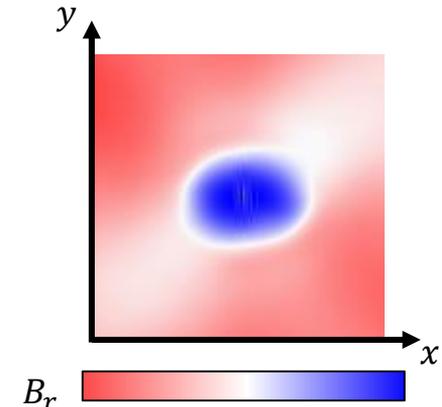
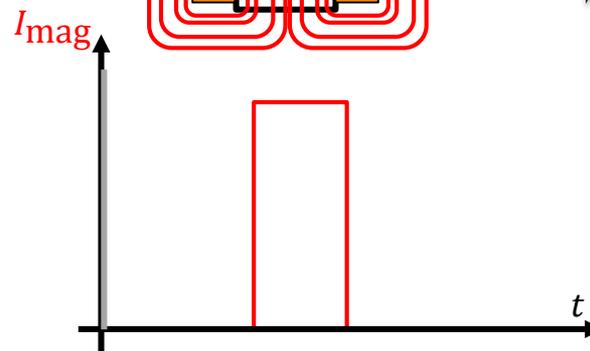
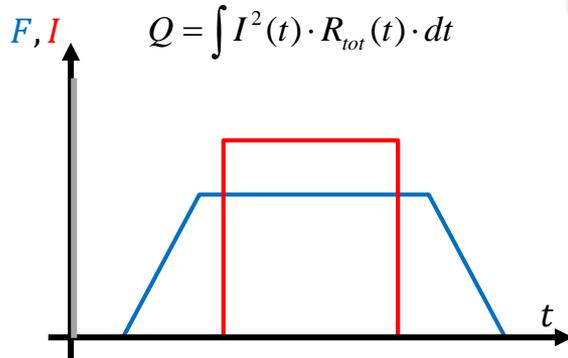
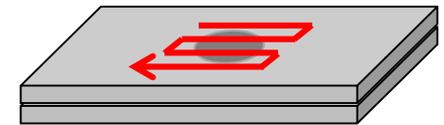
Schritt 0:
Schweißen



Schritt 1:
Magnetisieren



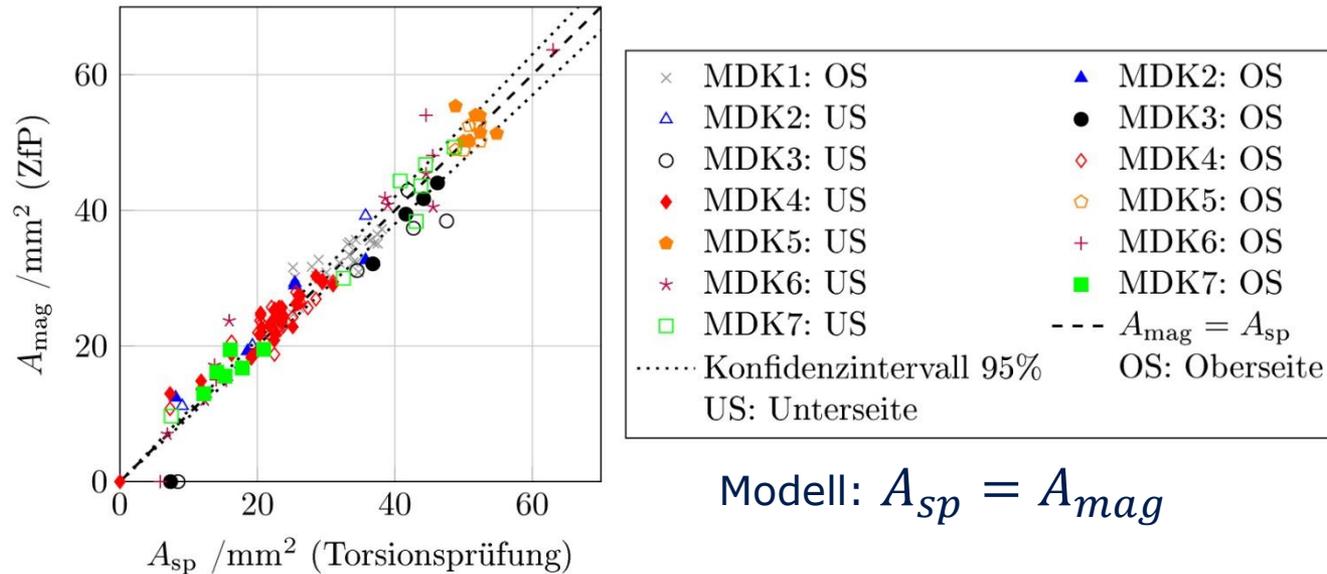
Schritt 2:
Messen,
Auswerten



Quelle:

Mathiszik, Zschetzsche, Großmann, Füssel: Remanent Magnetization for Non-Destructive Testing of Spot Welds, 19th World Conference on Non-Destructive Testing 2016, 13. - 17.6.2016, München, 2016, ISBN 978-3-940283-78-8, DOI: 10.13140/RG.2.1.4774.3606

Ergebnisse IGF 17.539:



Modell: $A_{sp} = A_{mag}$

	Oberes Blech	Mittleres Blech	Unteres Blech
MDK1	DC04+ZE75/75 (0,65 mm)	-	HX220YD+Z110 (0,65 mm)
MDK2	DC04+ZE75/75 (0,65 mm)	-	HDT780C+Z150 (2,0 mm)
MDK3	22MnB5+AS150 (2,0 mm)	-	22MnB5+AS150 (2,0 mm)
MDK4	HX340LAD+Z110 (1,0 mm)	-	HX340LAD+Z110 (1,0 mm)
MDK5	HX340LAD+Z100 (2,0 mm)	-	HX340LAD+Z100 (2,0 mm)
MDK6	HX340LAD+Z100 (1,5 mm)	HX340LAD+Z100 (1,5 mm)	HX340LAD+Z100 (1,5 mm)
MDK7	DC04+ZE75/75 (0,65 mm)	22MnB5+AS150 (2,0 mm)	22MnB5+AS150 (1,5 mm)

Quelle:

Mathiszik, Zschetzsche, Füssel/Zerstörungsfreie Bewertung des Linsendurchmessers beim Widerstandspunktschweißen durch bildgebende Analyse der Remanenzflussdichte, 23. DVS-Sondertagung Widerstandsschweißen 2016, 29. – 30.6.2016, Duisburg, 2016

Forschungsschwerpunkte und -ziele

- sichere Bewertung des Linsendurchmessers für:
 - mehrschnittige Verbindungen
 - extreme Materialdickenkombinationen
 - Buckelschweißverbindungen
- Einfluss von Randbedingungen auf das Prüfergebnis untersuchen
 - Elektrodeneindruck, Oberflächentopographie,
 - Werkstoffkenngrößen
 - Blechdicke
 - chem. Zusammensetzung
 - Beschichtung
 - Härte
 - Remanenzflussdichte
 - Koerzitivfeldstärke
 - Permeabilität
- Verständnis der physikalischen Wirkungsweise der bildgebende Analyse der Remanenzflussdichte vertiefen
 - FEM Simulationen gekoppelt mit experimentellen Versuchen
- Veröffentlichung der Forschungsergebnisse
 - PA-Sitzungen, Tagungen, Sitzungen der DVS-Ausschüsse (FA4, AG V3.9)

3

ARBEITSHYPOTHESEN, ARBEITSPAKETE UND PROJEKTZEITPLAN

1. Die bildgebende Analyse der Remanenzflussdichte ist geeignet, um Widerstandspunktschweißverbindungen extremer Materialdickenkombinationen zu prüfen.
2. Auch Verbindungen austenitischer Stähle können durch die bildgebende Analyse der Remanenzflussdichte geprüft werden. Es wird davon ausgegangen, dass wegen der hohen Abkühlraten beim Widerstandspressschweißen Delta-Ferrit im Schmelzbereich entsteht und deshalb die bildgebende Analyse der Remanenzflussdichte aussagefähige Ergebnisse liefert.
3. Die Elektrodeneindringtiefe, die Blechdicke und der Werkstoff üben einen Einfluss auf das Prüfergebnis aus. Diese Randbedingungen beeinflussen das örtliche Magnetfeld und müssen deshalb genauer untersucht werden.
4. Die Methode der bildgebenden Analyse der Remanenzflussdichte ist auch für die Prüfung von Buckelschweißungen geeignet.
5. Es wird angenommen, dass die Prüfmethode auch bei einseitiger Zugänglichkeit angewendet werden kann.

- AP 1: Vervollständigung und Erweiterung des Versuchsstandes, Werkstoffbeschaffung

- AP 2: Weiterentwicklung und Anwendung der numerischen Modelle sowie der Algorithmen zur Auswertung der Messdaten
 - AP 2.1 Analyse der für die Magnetfeldausprägung relevanten Werkstoffkenngrößen
 - AP 2.2 Erforschen des Einflusses der Oberflächentopographie auf das Prüfergebnis
 - AP 2.3 Weiterentwicklung, Validierung und Anwendung des Algorithmus zur Auswertung der Messdaten

- AP 3: Funktionsnachweis und Grenzen der bildgebenden Analyse der Remanenzflussdichte

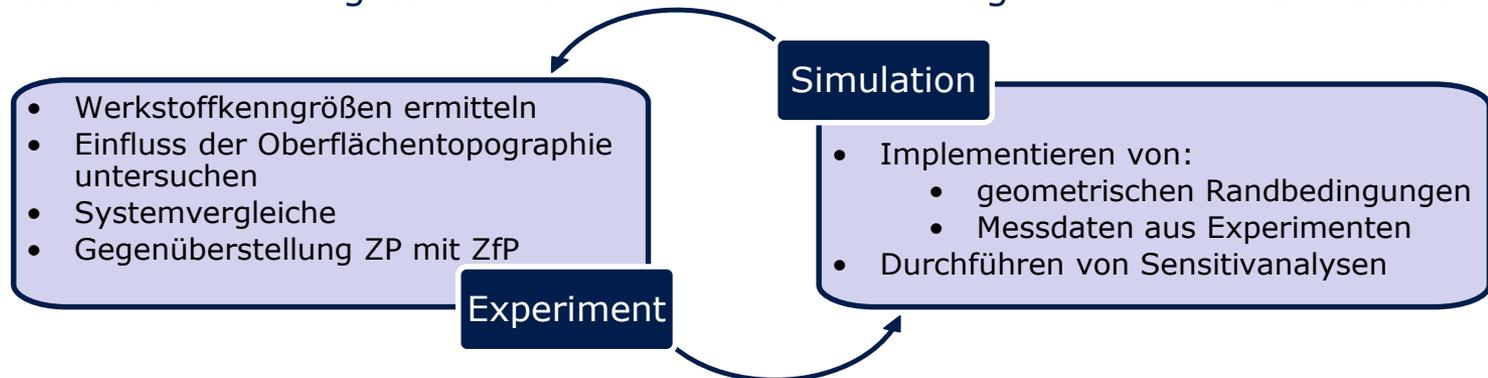
- AP 4: Zusammenfassen der Ergebnisse, Zwischenberichte, Abschlussbericht, Ergebnistransfermaßnahmen

AP 1: Vervollständigung und Erweiterung des Versuchsstandes, Werkstoffbeschaffung

- Erweiterung der Versuchsstände für Buckelschweißverbindungen
- Entwerfen neuer Spulen mit geänderten Geometrien
- neben der kartesischen x - y -Abtastung auch die Möglichkeit der polaren r - φ -Abtastung prüfen
- Beschaffung der Werkstoffe
- Leihzeiten und Prüfzeiträume für Referenzmesssysteme vereinbaren

AP 2: Weiterentwicklung und Anwendung der numerischen Modelle sowie der Algorithmen zur Auswertung der Messdaten

- Weiterentwicklung der numerischen Modelle und Algorithmen aus IGF 17.539



- Für die Weiterentwicklung werden die folgenden Eingangsgrößen variiert:
 - Werkstoffe (Blechdicke, Beschichtung (beschichtet/unbeschichtet))
 - Materialdickenkombinationen
 - Zugänglichkeit (einseitig, zweiseitig)
 - Schweißverfahren (Widerstandspunkt-, Widerstandsbuckelschweißen)
 - Fügstellengeometrie, Änderung von Punkt-, Linsendurchmesser, Elektroden-eindrucktiefe durch Parametervariation
 - Bauteilgeometrie (Laborprobe, Realbauteil)

AP 2.1 Analyse der für die Magnetfeldausprägung relevanten Werkstoffkenngrößen

- wissenschaftliche Analyse physikalischer Kenngrößen der fünf vorgesehenen Werkstoffe
- Physikalische Kenngrößen in numerischen Modelle einbinden

Ziel:

- Einfluss der Kenngrößen auf das Prüfergebnis mit Hilfe numerischer Sensitivanalysen untersuchen
- Verbesserung der Genauigkeit der numerischen Modelle durch die Implementierung der Werkstoffdaten

AP 2.2 Erforschen des Einflusses der Oberflächentopographie auf das Prüfergebnis

- Untersuchung des Einflusses der Oberflächentopographie durch experimentelle Versuche in Kombination mit numerischen Simulationen
 - Simulation: Variation der Elektrodeneindrucktiefen unabhängig vom Linsendurchmesser
 - Experiment: Ermitteln von Eindrucktiefen-Linsendurchmesser-Kombinationen und Vergleich der entsprechenden Ergebnisse der Remanenzmessung mit den zugehörigen Simulationen
 - Erfassung der Oberflächentopographie mittels konfokal-chromatischer Messungen
 - Linsendurchmesser, Elektrodeneindruck am Querschliff

Ziel:

- Zusammenhänge und Grenzen des Elektrodeneindrucks für die bildgebende Analyse der Remanenzflussdichte ableiten

AP 2.3 Weiterentwicklung, Validierung und Anwendung des Algorithmus zur Auswertung der Messdaten

- Erkenntnisse aus AP 2.1 und AP 2.2 in vorhandenen Algorithmus zur Auswertung der Messdaten einarbeiten
- Ermitteln von Schweißbereichen (simulativ, Überprüft am Querschliff)
- Aussagekraft der bildgebenden Analyse der Remanenzflussdichte experimentell überprüfen anhand der zu untersuchenden Verbindungen
 - 6 extreme Materialdickenkombinationen
 - 16 Buckelschweißverbindungen
 - 2 Verbindungen mit austenitischem Stahl
- Pro Versuchsreihe:
 - 6 Parametersätze, je 10 Schweißproben
 - Grenzbereiche ($d_{p,\min} = 3,5 \sqrt{t}$, „Zinkkleber“)
- Jede Probe:
 - Messung der Remanenzflussdichte (einseitige und beidseitige Magnetisierung)
 - ZfP mittels Impuls-Echo-Prüfsystem
 - ZP (Torsion: 7, Querschliff: 3)

AP 2.3 Weiterentwicklung, Validierung und Anwendung des Algorithmus zur Auswertung der Messdaten

Ziel:

- Weiterentwicklung des Algorithmus zur Auswertung der Messdaten der bildgebenden Analyse der Remanenzflussdichte erfolgt an fünf Parametersätzen je Versuchsreihe (Trainingsmenge)
 - sechste Parametersatz wird zum Test des Algorithmus genutzt (Testmenge)
- Unabhängigkeit der Prüfergebnisse von Trainings- und Testmenge stellt hohe Qualität der Aussagekraft des Algorithmus zur Auswertung der Messdaten sicher

AP 3: Funktionsnachweis und Grenzen der bildgebenden Analyse der Remanenzflussdichte

- Funktionsnachweis der bildgebenden Analyse der Remanenzflussdichte an seriennahen Bauteilen unter fertigungsnahen Randbedingungen, wie z. B. Flanschbreite, Einschränkungen in der Zugänglichkeit (einseitig, zweiseitig)
- Vergleich mit ZP
- PA stellt Bauteile zur Verfügung unter Berücksichtigung:
 - extremer Materialdickenkombinationen
 - mehrschnittige Verbindung
 - Buckelschweißverbindung
- Untersuchung zur Wichtung der Einflüsse der einzelnen Randbedingungen durch numerische Sensitivanalysen

Ziel:

- Erarbeiten von Grenzen der Prüfmethode, die sich durch fertigungsbedingte Randbedingungen ergeben

AP 4: Zusammenfassen der Ergebnisse, Zwischenberichte, Abschlussbericht, Ergebnistransfermaßnahmen

- halbjährliche Treffen und Zwischenberichte:
 - Projektbegleitender Ausschuss
 - Sitzungen der AG V3.9, Prüfen von Widerstandsschweißverbindungen
 - Sitzungen des Fachausschuss Widerstandsschweißen (FA4)
- Tagungen, Fachzeitschriften
- Internet
 - Forschungsstelle
 - Forschungsvereinigung
- Schlussbericht
- Transfer der Ergebnisse in DVS-Merkblatt 2916-5 „Prüfen von Widerstandspressschweißverbindungen Zerstörungsfreie Prüfung“

Ziel:

- Zugang zu den Ergebnissen öffentlich und möglichst umfassend ermöglichen

Arbeitspakete	2016			2017												2018									
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1 <i>Vervollständigung und Erweiterung des Versuchsstandes, Werkstoffbeschaffung</i>																									
2 <i>Weiterentwicklung und Anwendung der numerischen Modelle sowie der Algorithmen zur Auswertung der Messdaten</i>																									
2.1 <i>Analyse der für die Magnetfeldausprägung relevanten Werkstoffkenngrößen</i>																									
2.2 <i>Erforschen des Einflusses der Oberflächentopographie auf das Prüfergebnis</i>																									
2.3 <i>Weiterentwicklung, Validierung und Anwendung des Algorithmus zur Auswertung der Messdaten</i>																									
3 <i>Funktionsnachweis und Grenzen der bildgebenden Analyse der Remanenzflussdichte</i>																									
4 <i>Zusammenfassen der Ergebnisse, Zwischenberichte, Abschlussbericht, Ergebnistransfermaßnahmen</i>																									

O: in Bearbeitung, X: Bearbeitet
Projektvorstellung

Tabelle 1: Materialkombinationen für das Widerstandspunktschweißen

Versuchsreihe	1RSW	2RSW	3RSW	4RSW	5RSW
Blech 1	DC04+ZE, t = 0,65 mm	DC04+ZE, t = 0,65 mm	DC04+ZE, t = 0,65 mm	1.4301 t = 1 mm	1.4301, t = 1 mm
Blech 2	HX340LAD+Z, t = 3 mm	22MnB5+AS, t = 2 mm	HX340LAD+Z, t = 3 mm	1.4301, t = 1 mm	1.4301, t = 2 mm
Blech 3		22MnB5+AS, t = 2 mm	HX340LAD+Z, t = 2 mm		1.4301, t = 2 mm

Tabelle 2: Materialkombinationen für das Widerstandsbuckelschweißen

Versuchsreihe	1RPW	2RPW	3RPW	4RPW
Blech	S235, unbeschichtet, t = 1 mm, 2 mm	HX340LAD+Z, t = 1 mm, 2 mm	22MnB5+AS, t = 1 mm, 2 mm	1.4301, t = 1 mm, 2 mm
Buckelgeometrie	Schweißmutter (DIN 928), Ringbuckel (DIN 28167)			

Tabelle 3: Vorgesehene Materialkombinationen für die Modellvalidierung

Versuchsreihe	1M	2M	3M	4M	5M	6M	7M
Blech 1	HX340LAD(+Z), t = 1 mm	HX340LAD(+Z), t = 1 mm	HX340LAD(+Z), t = 1 mm	HX340LAD(+Z), t = 1 mm	S235, t = 1 mm	S235, t = 2 mm	S235, t = 1 mm
Blech 2	HX340LAD(+Z), t = 1 mm	HX340LAD(+Z), t = 3 mm	HX340LAD(+Z), t = 3 mm	HX340LAD(+Z), t = 3 mm	S235, t = 1 mm	S235, t = 2 mm	S235, t = 2 mm
Blech 3			HX340LAD(+Z), t = 1 mm	HX340LAD(+Z), t = 3 mm			

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



IGF-Vorhaben Nr.: 19.208BR
Projektlaufzeit: 10/2016 – 09/2018

Das IGF-Vorhaben Nr. 19.208 der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.