



FAKULTÄT FÜR
MASCHINENBAU

Verfahren zum Fügen von Stahl-Aluminium-Verbindungen für Anwendungen im Automobilbau

A. Zvorykina, S. Jüttner, A. Hübner, N. Holtschke

INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND FÜGETECHNIK

Lehrstuhl Fügetechnik

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Universitätsplatz 2

39106 Magdeburg

iwf@uni-magdeburg.de

Forschungsseminar des MDZWP 2017

Magdeburg, Deutschland

23. März 2017

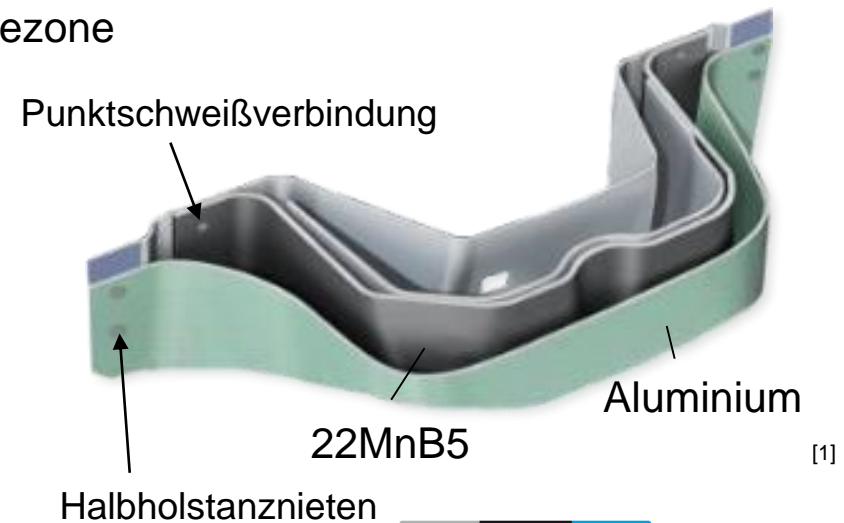
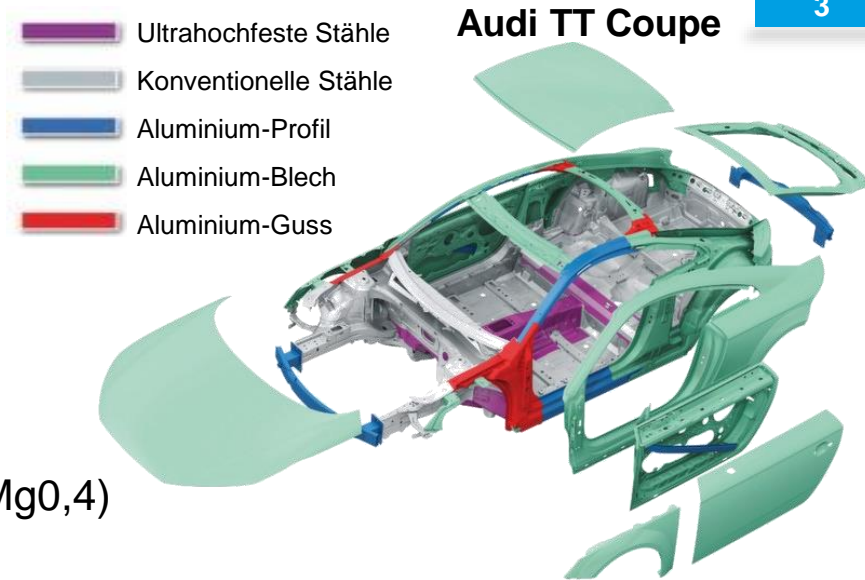
1. Motivation und Ziele
2. Stand der Technik
3. Lösungsansatz 1
4. Lösungsansatz 2
5. Untersuchungsergebnisse
6. Zusammenfassung



[1]

- **Leichtbaukonzepte** „Stahl-Aluminium“ im Karosseriebau erfordern neue Fügeverfahren
- **Reduzierung der Flanschlänge** (ca. 10 mm) für **Stahl-Aluminium-Verbindungen** bisher nicht realisiert
- zunehmende Werkstoffvielfalt (22MnB5 + AlSi1,2Mg0,4)
- zusätzlicher Einsatz von **Klebstoff**
- **Verformung** der Außenseite der Bleche in der Fügezone oder sichtbare Elemente unerwünscht

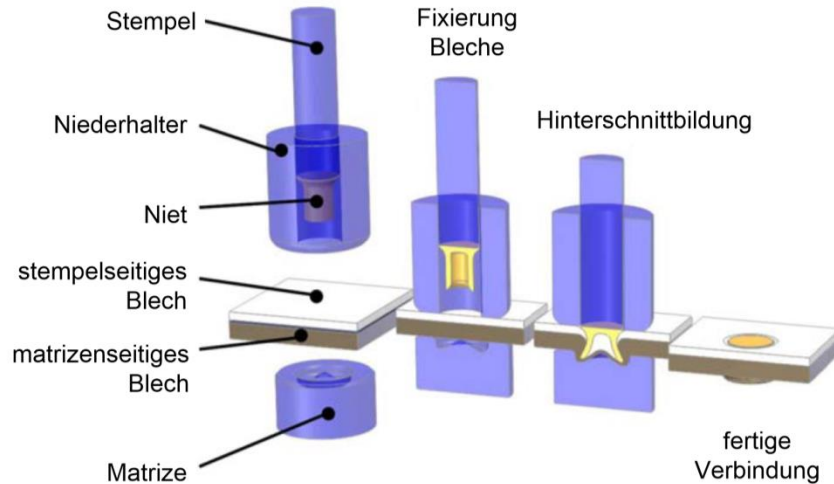
→ Anpassung des Fügeverfahrens erforderlich



Entwicklung eines thermischen Fügeverfahrens unter Nutzung der Widerstandsschweißtechnik :

- Schweißen von höchstfesten formgehärteten Bauteilen aus 22MnB5 mit AlSi-Schicht
- Vermeidung / Verringerung von intermetallischen Phasen durch kurze Prozesszeit
- Verwendung von günstigen Elementen zum Ausgleich der unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften von Stahl und Aluminium
- Vermeiden von komplexe Konstruktionen
- Die Flanschlänge ist zu minimieren
- äußerlich nicht sichtbare Fügestelle
- Geringer Wärmeeintrag zur Vermeidung Abbrand des Klebstoffes beim Schweißen
- Vermeidung der $\Delta\alpha$ -Problematik
- Verwendung üblicher Anlagentechnik

➤ Stanznieten



[2]

Nachteile:

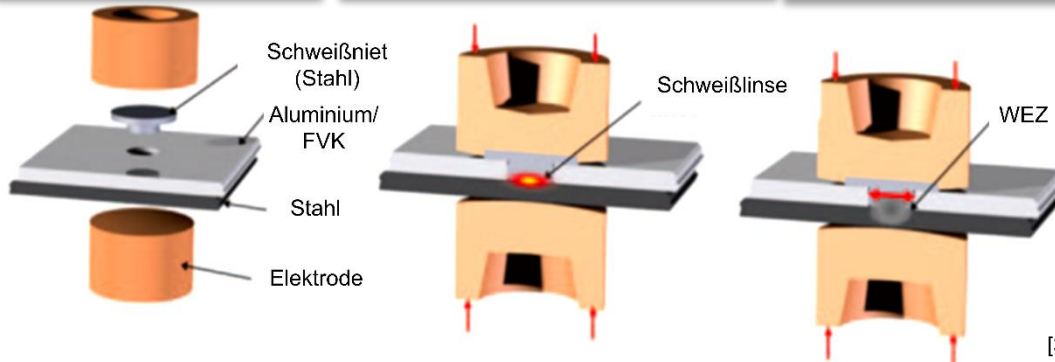
- für formgehärtete Stähle nur begrenzt einsetzbar
- große Flanschlänge erforderlich
- kostenintensive Fügeelemente erforderlich;
- hohe Korrosionsanfälligkeit;

➤ Widerstandselementschweißen

1) Positionieren

2) Beaufschlagung mit Kraft und Strom

3) Nachwärmstrom und -kraft



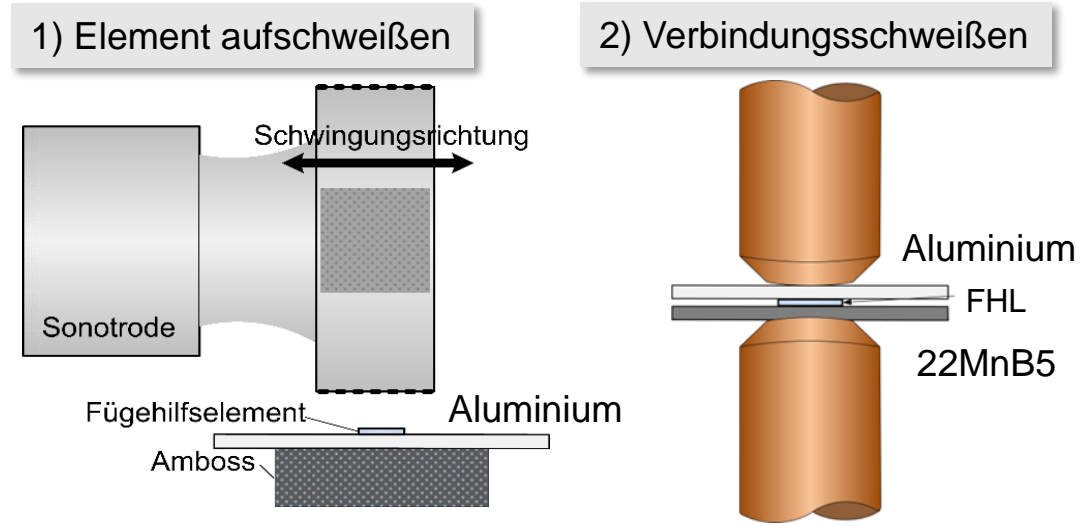
[3]

Nachteile:

- große Flanschlänge erforderlich
- Durchstanzen der Elemente
- Korrosionsanfälligkeit
- unerwünschte *Härtegradienten* in der Wärmeeinflusszone

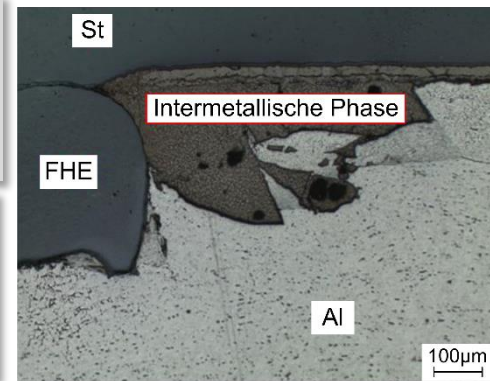
➤ **Ultraschall-Widerstandspunktschweißen**

- + Ultraschall- sowie Widerstandspunktschweißen sind sehr schnell und lassen sich gut automatisieren
- + geringer Wärmeeintrag beim Ultraschallschweißen
- + unabhängig von Beschichtungen
- + keine Durchdringung des Al-Blechs
- flüssigkeitsdichte Verbindungen
- längere Schweißzeiten beim RP-Schweißen erforderlich
- höherer Wärmeeintrag
- Versprödung durch Intermetallische Phasen möglich



• Fügehilfselement Ø 5 mm x 1,5 mm

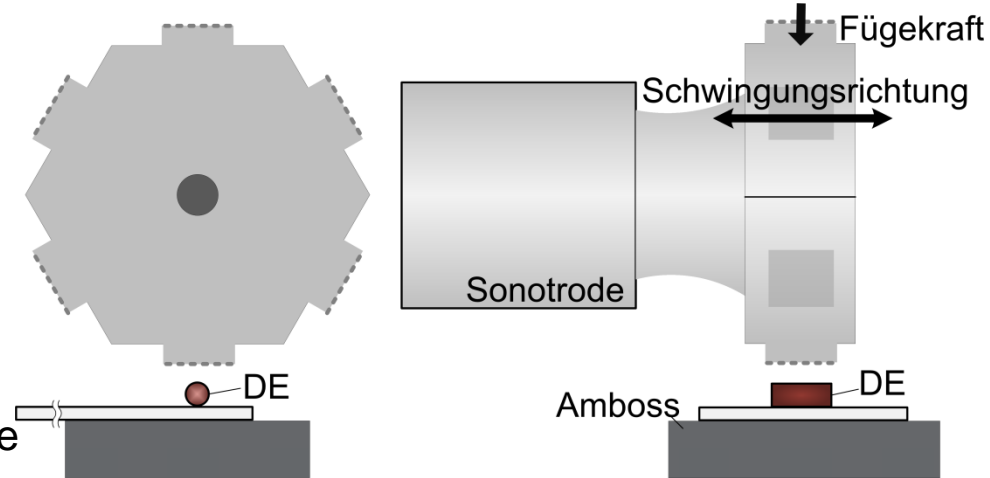
- $p = 250 \text{ kPa}$
- $E = 250 \text{ J}$
- $A = 70 \%$
- $I_s = 7 \text{ kA}$
- $t_s = 300 \text{ ms}$
- $F_E = 4 \text{ kN}$



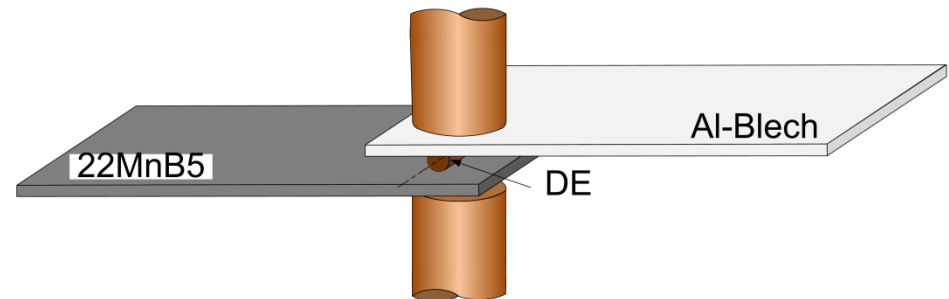
➤ Weiterentwickeltes Ultraschall-Widerstandspunktschweißen

- + kostengünstige Fügehilfselemente aus Schweißdraht: Drahtelement (DE)
- + Stromkonzentration durch kleine Kontaktfläche des Drahtelementes
- + Vermeidung Eindruck auf Blechaußenseite durch flache Elektrode
- + verkürzen der Flanschlänge
- + verkürzen der Schweißzeit
- Verschleiß der Sonotrodenoberfläche
- zusätzliche US-Anlage erforderlich

Ultraschallschweißen

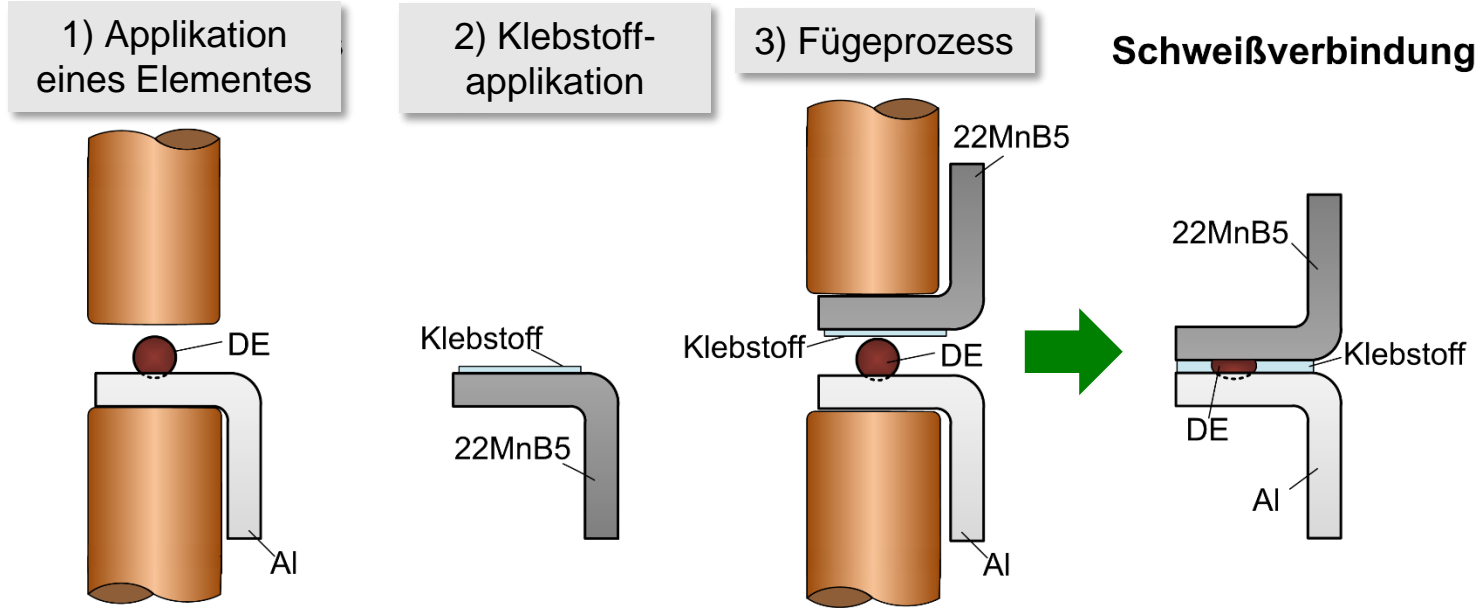


Widerstandspunktschweißen



Probenanordnung beim Ultraschallschweißen und beim nachfolgenden Widerstandspunktschweißen

Lösung 2: Anschweißen Drahtelement mit Widerstandsschweißtechnologie



- kostengünstige Fügeelemente aus Schweißdraht
 - Stromkonzentration durch kleine Kontaktfläche des Fügeelementes ermöglicht sehr kurze Schweißung (< 10 ms)
 - kurze Flanschlänge < 10 mm
 - Keine Beschädigung der Klebstoffschicht
 - Vermeidung Eindruck auf Blechaußenseite durch flache Elektrode
- Herstellung hybrider Baugruppen mit optimierten Verbindungseigenschaften

Grundwerkstoffe:

EN AW-6016

t=1,5 mm

22MnB5+AS150

t=1,5 mm

Drahtelemente (DE)

W4Si1

(Werkstoffnr.: 1.5130)

Ø 2,4 mm ; L= 9 mm

Element	C	Si	Mn	Ni; Cr; Mo	P, S	V	Al	Ti+Zr
Gew. %	0,1	1,0	1,7	0,15	0,025	0,03	0,02	0,15

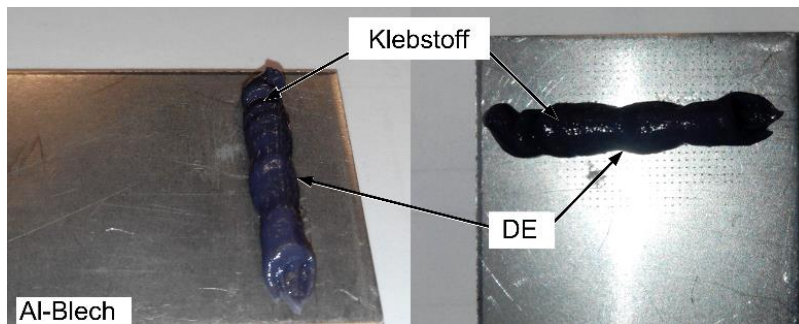
W19 9 L Si ER308L Si

(Werkstoffnr.: 1.4316)

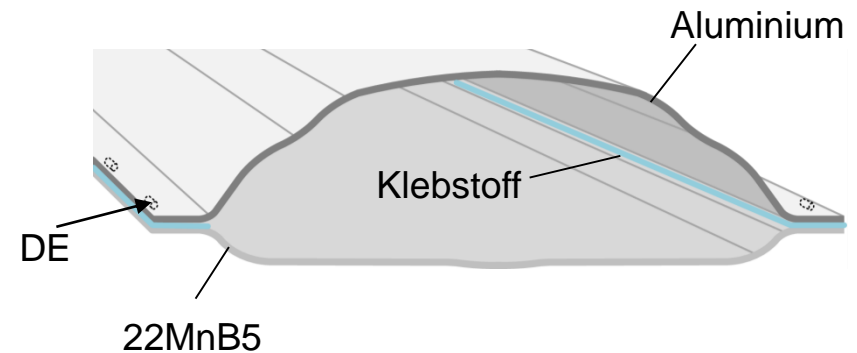
Element	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	P	S	Cu
Gew. %	0,02	0,9	1,7	10,0	20,0	0,5	0,03	0,02	0,5

Klebstoff BETAMAT™ 1480 V203

- 1-K Epoxidharz-Klebstoff für den Einsatz im Karosseriebau
- Warmaushärtend bei 180°C für 20 Minuten

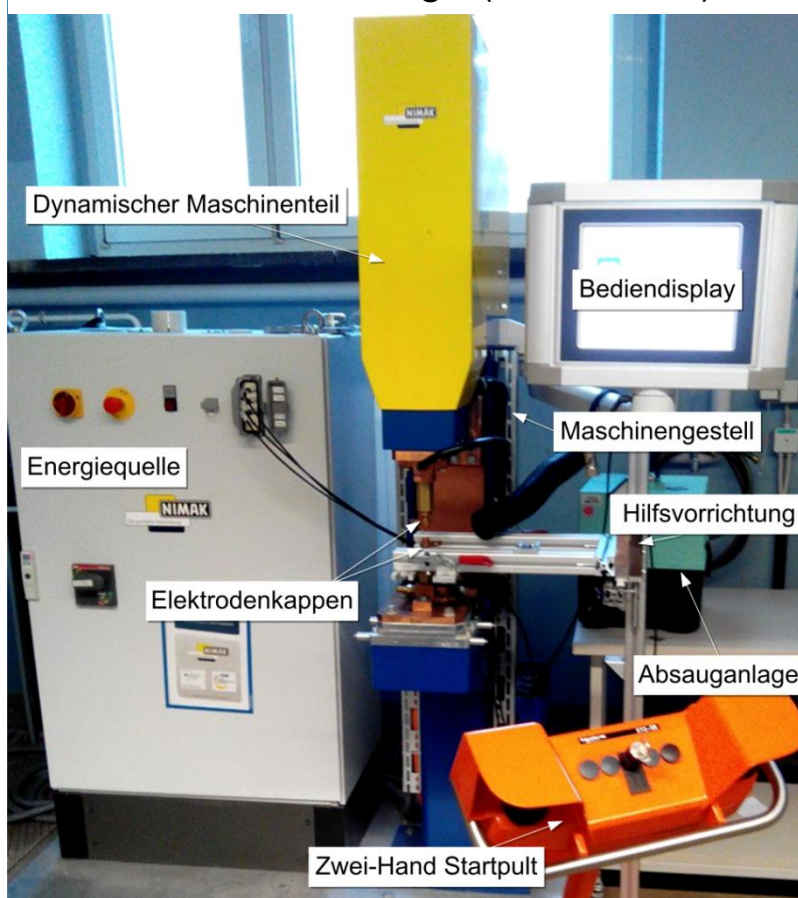


Klebstoffauftrag vor dem RP-Schweißen

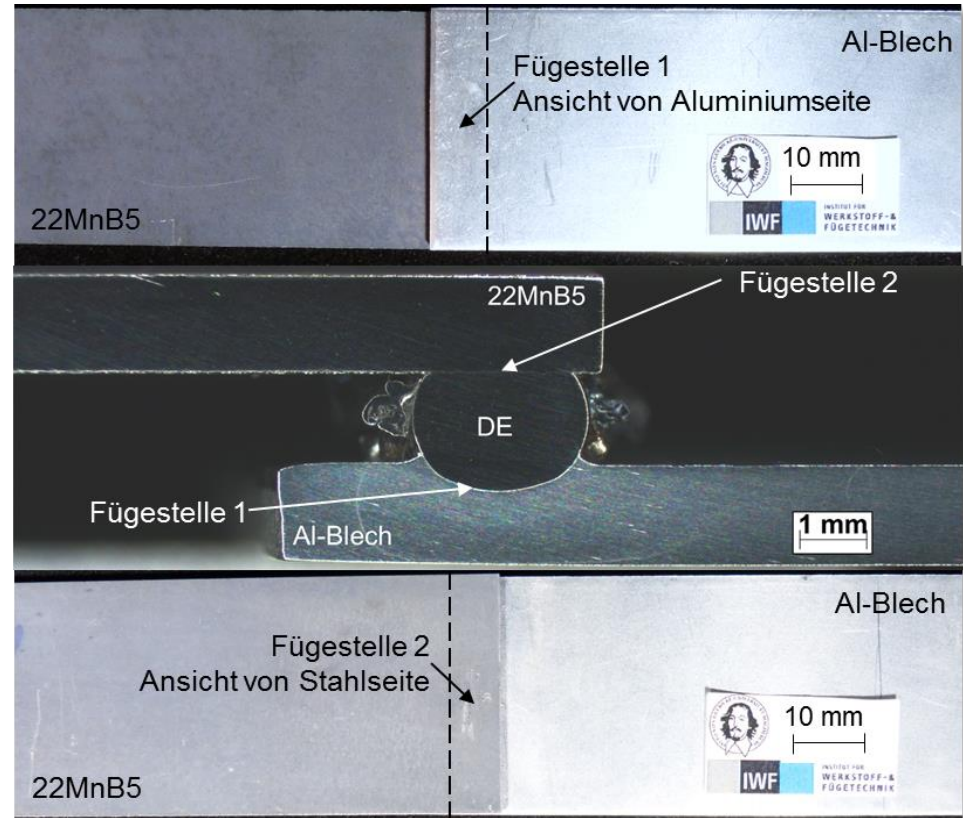


Verwendete Schweißanlage

MF-Schweißanlage (Fa. NIMAK)



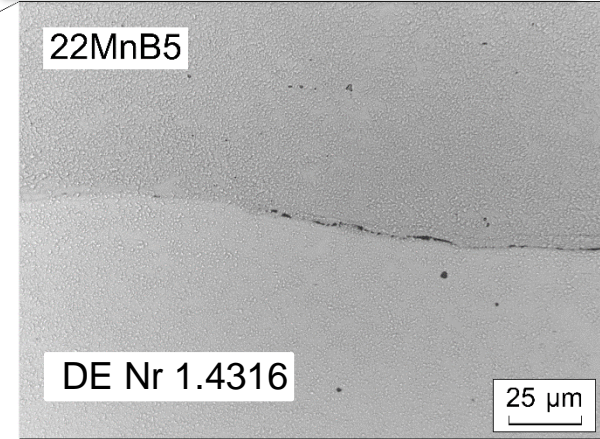
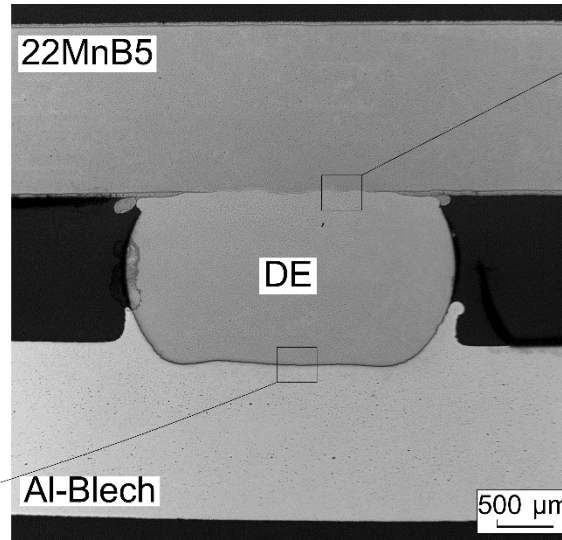
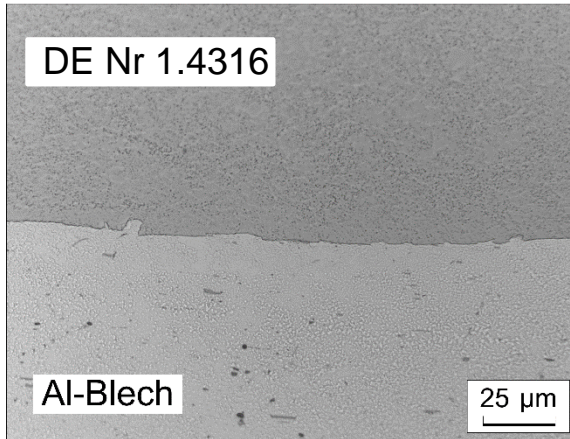
MFDC-Inverter (1000 Hz) bis 30kA
C-Ständeranlage mit magnetischer Kraftsteuerung (bis 10 kN Schweißkraft)



Durch neuartige Widerstandsschweißtechnologie geschweißte Stahl-Aluminium-Mischverbindung mit extrem kurzen Flansch

Probe ohne Klebstoff:

$F_e = 4 \text{ kN}; t_s = 10 \text{ ms}; I_s = 16 \text{ kA}$



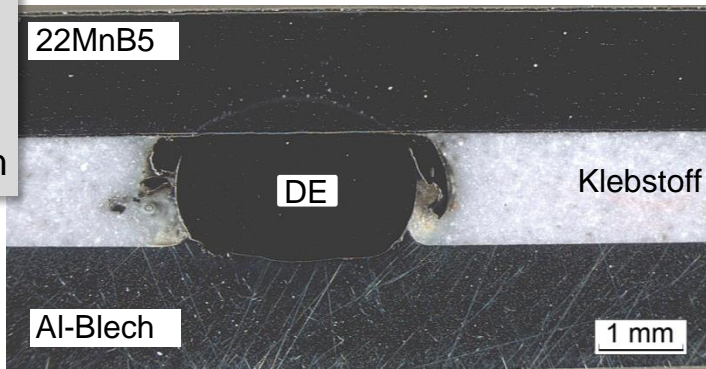
➔ Minimale ertragbare Scherzugkraft liegt bei ca. 2 kN

Proben mit Klebstoffschicht:

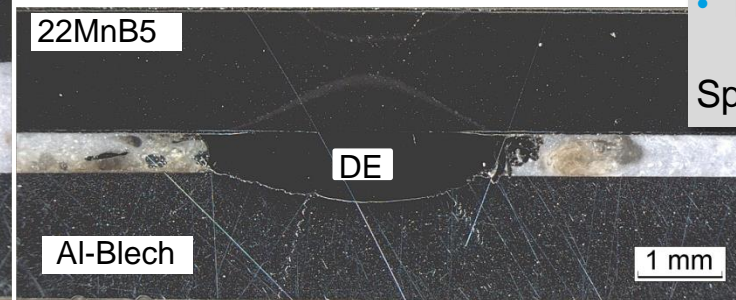
- $I_s = 16 \text{ kA}$
- $t_s = 10 \text{ ms}$
- $F_e = 4 \text{ kN}$

Spalt: 1,3 mm

Verbindung untere Q-Grenze:



Verbindung obere Q-Grenze:



- $I_s = 23 \text{ kA}$
- $t_s = 10 \text{ ms}$
- $F_e = 4 \text{ kN}$

Spalt: 0,45 mm

Werkstoffkombination: Aluminiumblech mit höchstfestem Stahl



	Stanznieten	Widerstands- elementschweißen	Kombiniertes US-RP- Schweißen	neuartige Widerstands- schweißtechnologie
Erforderliche Verbindungselemente	Stanzniet	nietähnliches Element	runde Plättchen	Drahtelement
Flanschlänge	lang	lang	lang	kurz (10 mm)
Wärmeeintrag	kein	hoch	hoch	gering
Kombinierbarkeit mit Kleben	gut	bedingt	bedingt	gut
Korrosion	mittel	mittel	mittel	gering bis keine
Verformung von Blechaußenseite	stark	stark	stark	keine
Handhabung	sehr einfach	aufwendiges Einprägen des Elementes	aufwendiges Applizieren des Füge- elements	einfach

nach [5]

- gute Eignung für das Schweißen von 22MnB5+AlSi in unbegrenzter Blechdicke mit Aluminium
- Einsatz eines sehr einfachen und günstigen Fügeelementes
- Mischverbindungen mit extrem kurzer Schweißzeit möglich
- Flanschlänge kann von **16** mm auf **< 10** mm verkürzt werden
- durch **geringen Wärmeeintrag** beim Widerstandsschweißen wird der Klebstoff **nicht beschädigt**
- Schweißstrom und Durchmesser des Drahtelements bestimmen den **verbleibenden Spalt**
- **keine Verformung** der Blechaußenseite ist sichtbar, sowohl von Stahlseite als auch von Aluminiumseite
- Verwendung marktüblicher Widerstandsschweißanlagen ist möglich

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Quellenverzeichnis:

1. Audi AG
2. HENROB GmbH
3. Friedrich, H. E.: Leichtbau in der Fahrzeugtechnik, 2013
4. Konstabel, OvGU Magdeburg, IWF, Diplomarbeit, 2014
5. Kopp, DLR

