



FAKULTÄT FÜR
MASCHINENBAU



Generatives **MSG**-Schweißen zur geometrischen Modifikation von **Aluminium-Druckgussbauteilen – MSGenerAI**

IGF-Nr. 21541 BR

DVS-Nr. 03.3316

Laufzeit: 01.01.2021 – 31.03.2024

INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND FÜGETECHNIK
Lehrstuhl Fügetechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
iwf@uni-magdeburg.de

Forschungsseminar des MDZWP 2024
27. März 2024
M. Sc. Eric Bethge

Agenda

- Motivation und Problemstellung beim Schweißen auf Al-Druckguss
- Technologiekonzept MSGenerAI als Lösungsansatz
- Porositätsuntersuchungen
- Versuche am Realbauteil
- Blick auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften



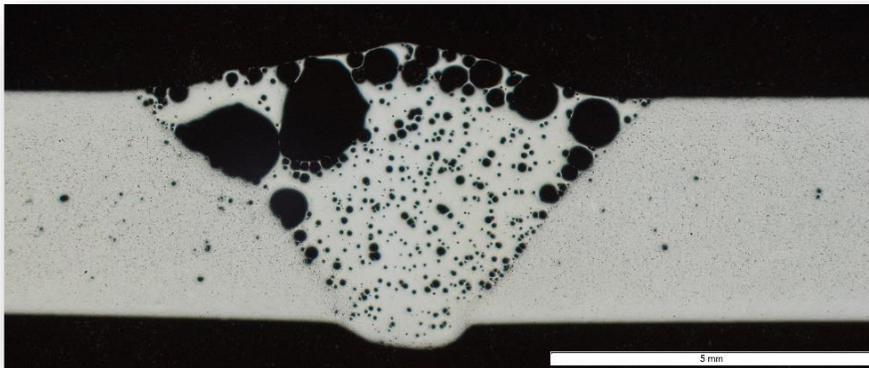
WAAM-Struktur aus AlMg_{4,5}Mn

Motivation: Problemstellung beim Schweißen auf Aluminiumdruckguss

- Wasserstoffgehalt, Oxide und Fremdpartikel in der Schmelze
- Einschlüsse von Luft und Trennmittel
- durch Betriebsstoffe verunreinigte Bauteil-Randschale in der Gussform
- unzureichende Nahtvorbereitung der Gussoberfläche



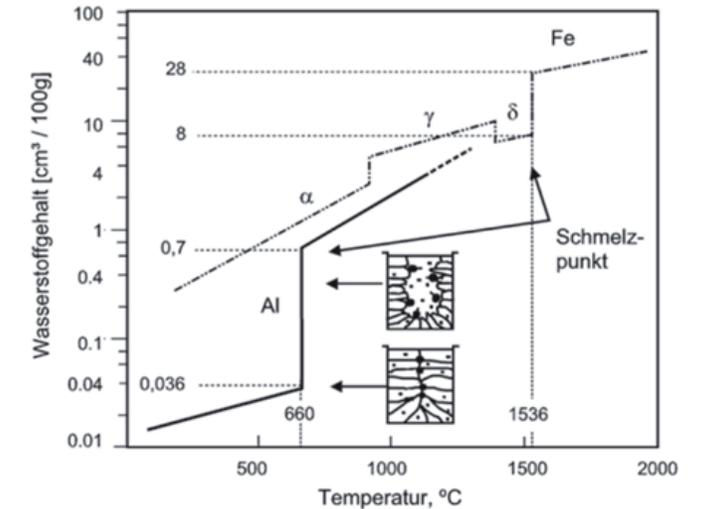
Herstellungsbedingte Porosität



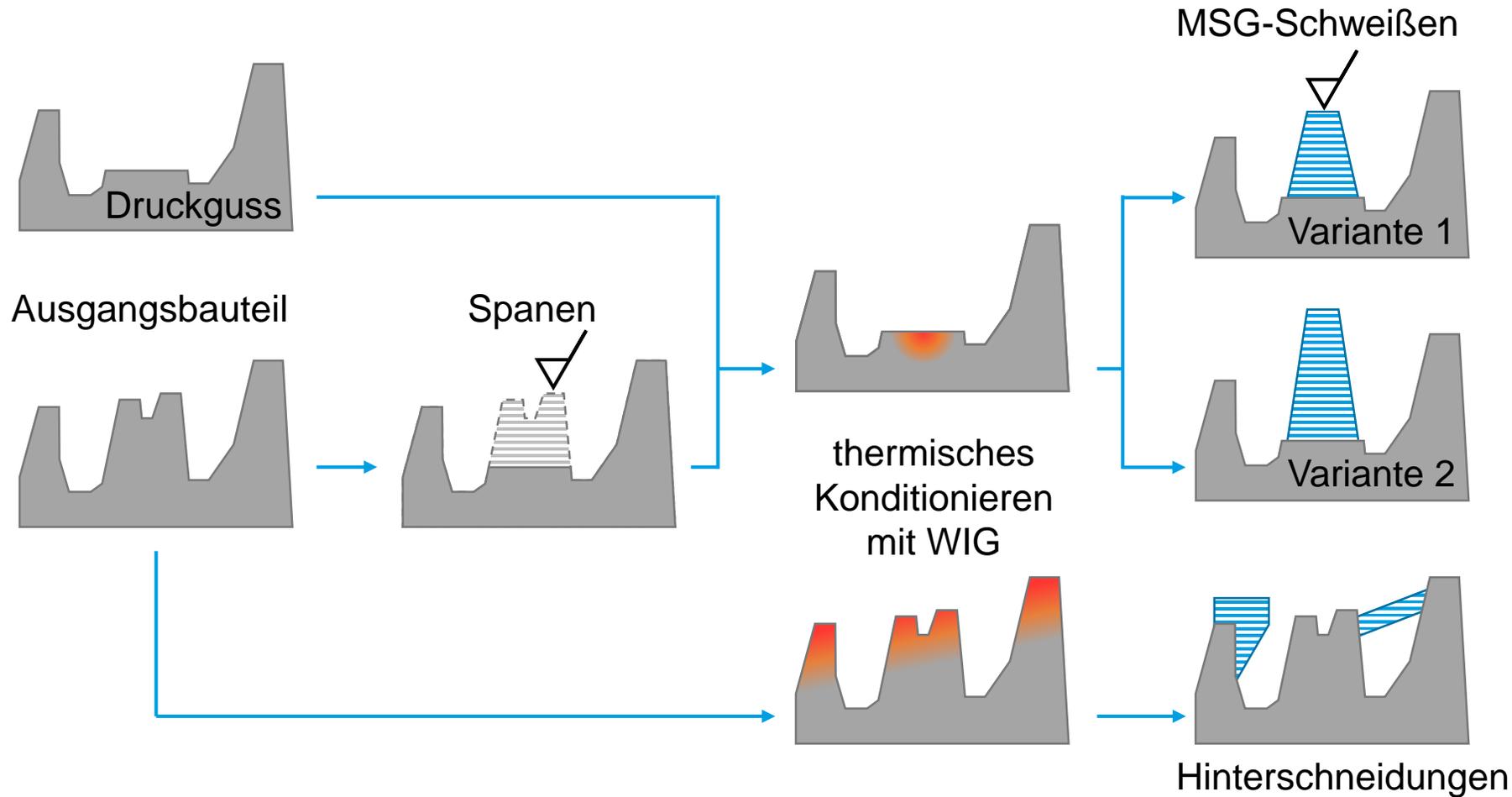
WIG Schweißnaht auf konventionellem Aluminium-Druckguss



MIG-Schweißnaht auf Aluminium-Druckguss



Vergleich der Löslichkeit von Wasserstoff in Aluminium und Eisen nach Schuler, V.; Twrdek, J.: *Praxiswissen Schweißtechnik*, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2019



Beispielanwendungen

- Derivate durch Individualisierung
- Kleinserie durch Geometrie-modifikation
- Herstellung komplexer Geometrien

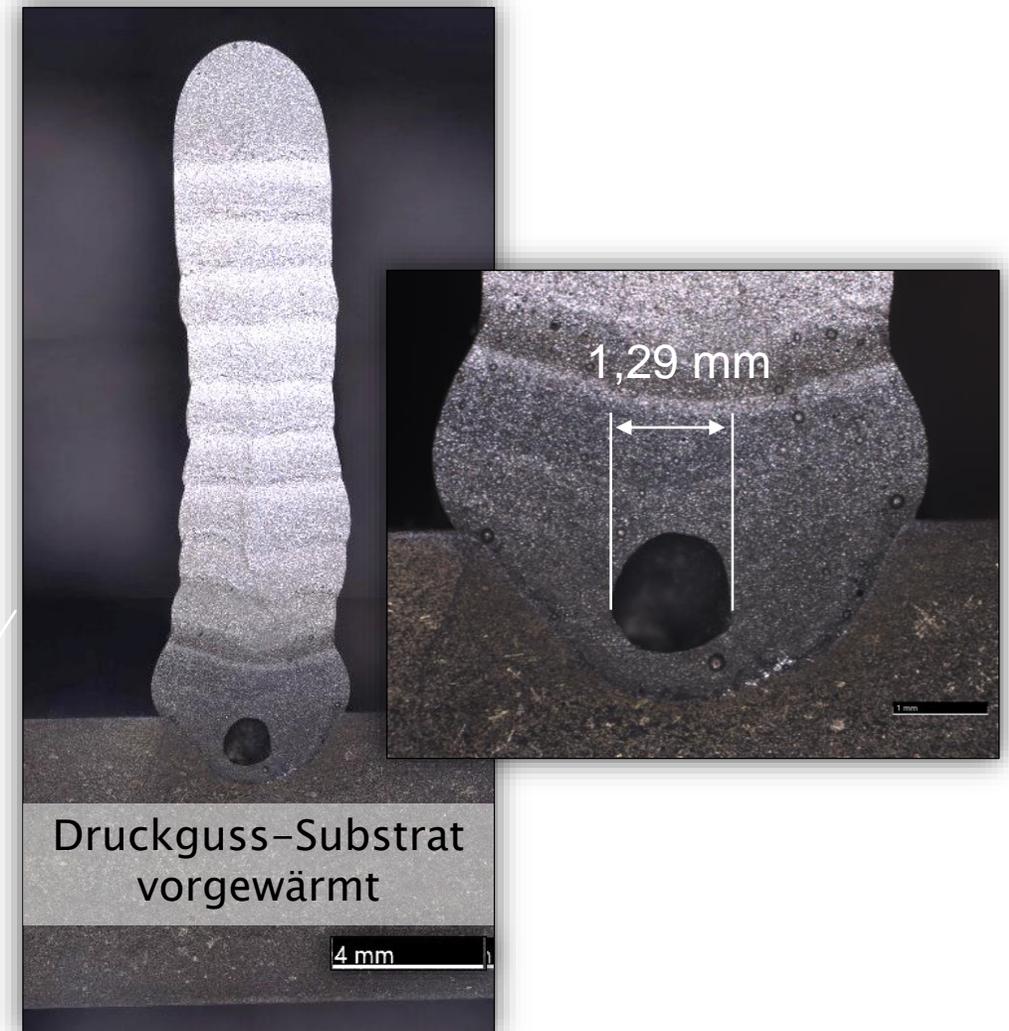
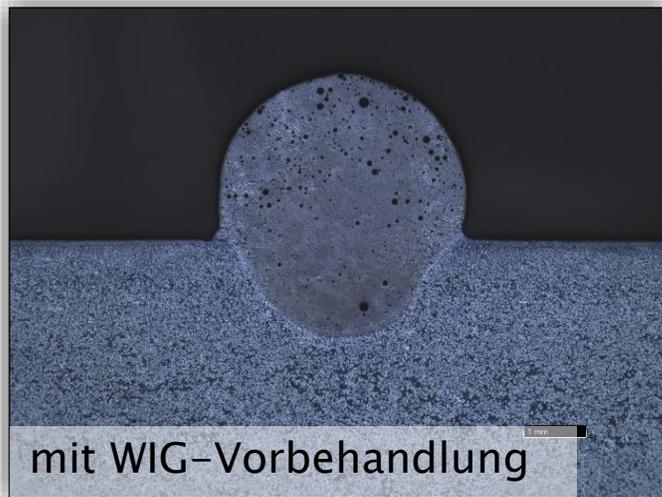
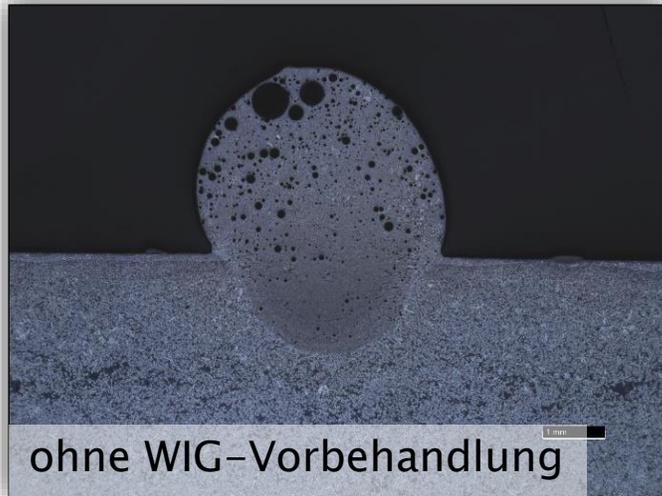
Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Problematik: Schweißen auf Aluminium-Druckguss

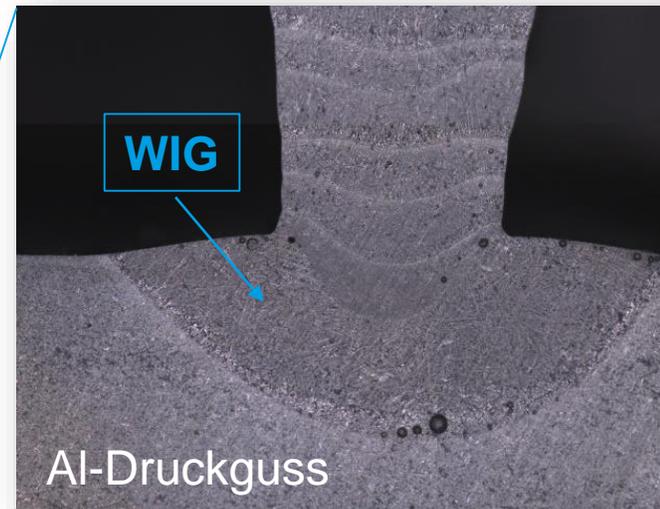
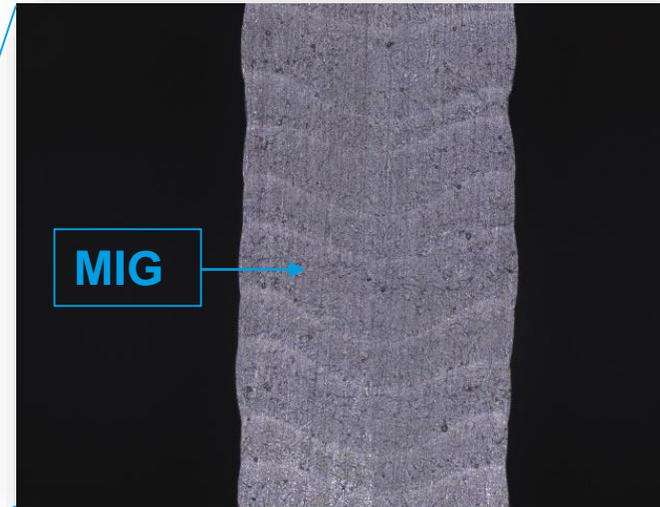
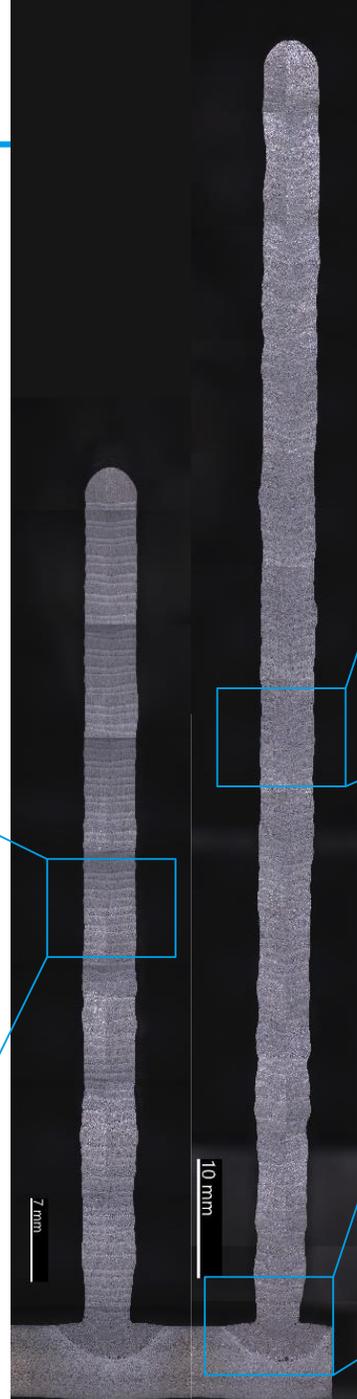


Ansatz zur Lösung:

WIG - Konditionierung

Prozessparameter:

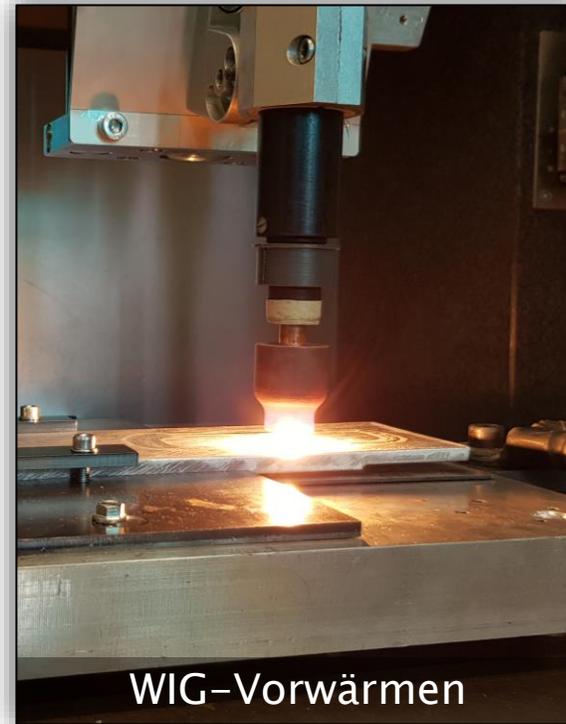
Substrat: AlSi10MnMg
SZW: AlSi10Mg / Ø1,6 mm
 v_s = 150 cm/min
 v_{Dr} = 3,0 m/min
LBK = -10 %
DynK = -5.0
Zwischenlagentemperatur 300° C
Wandbreite = 4,3 mm
Aufbaurrate von 0,87 kg/h



Motivation und Ausgangssituation

Prinzip der WIG - Vorbehandlung:

- Vorwärmen des Substrates
- Aufbrechen der Oxidschicht
- Entgasen des Druckgusses
- Erreichen eines prozessfördernden Temperaturmanagements



WIG-Vorwärmen



DED-Arc mittels MIG

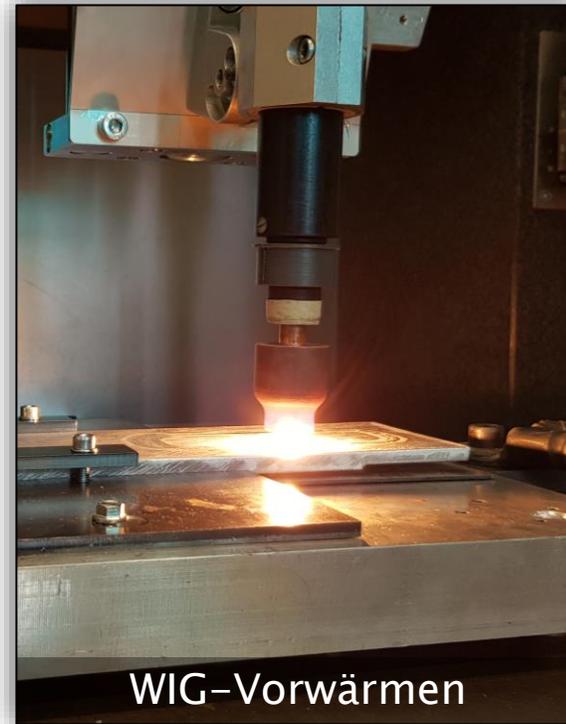
Forschungsprojekt MSGenerAI (IGF-Nr.21541 BR / DVS-Nr. 03.3316)

Generatives MSG-Schweißen zur geometrischen Modifikation von Aluminium-Druckgussbauteilen

Motivation und Ausgangssituation

Lösungsansatz:

- Entwicklung einer Methode zur lokalen Modifikation bestehender Al-Druckgussteile durch generatives MSG-Schweißen
- Förderung der Prozessstabilität mittels einer thermischen WIG - Konditionierung
- Einstellung der mechanischen Eigenschaften am modifizierten Gussteil mittels nachfolgender Wärmebehandlung



WIG-Vorwärmen



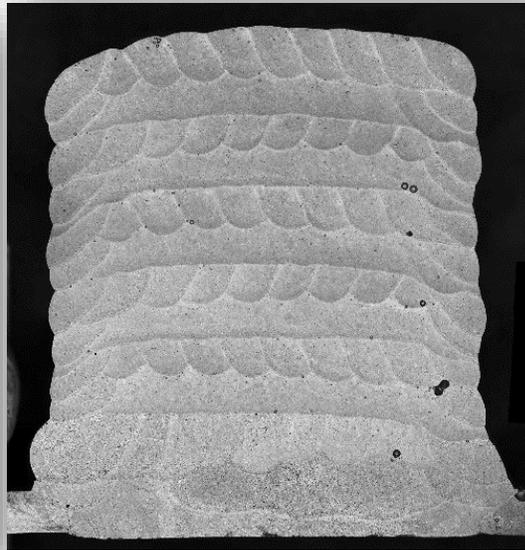
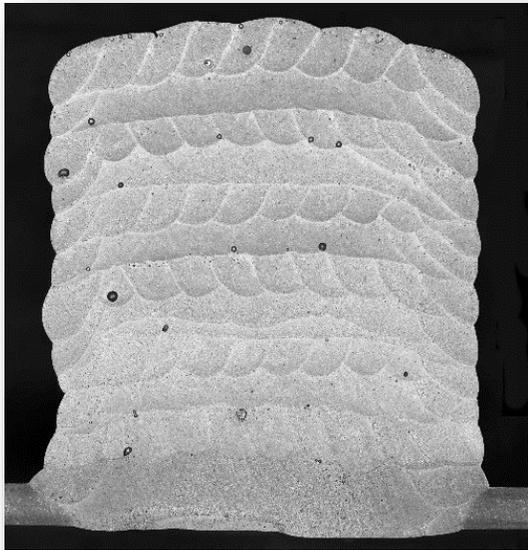
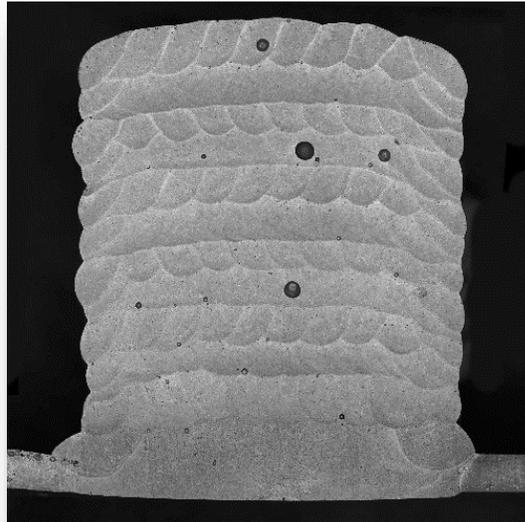
DED-Arc mittels MIG

Forschungsprojekt MSGenerAI (IGF-Nr.21541 BR / DVS-Nr. 03.3316)

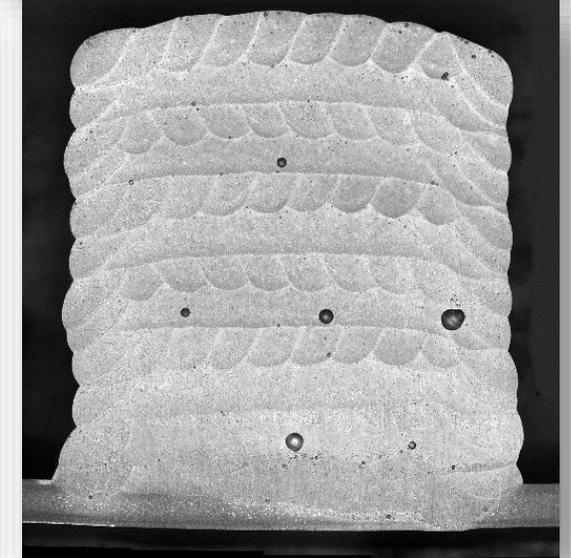
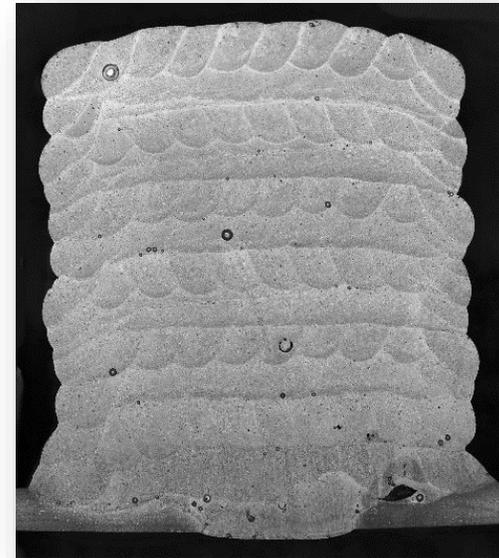
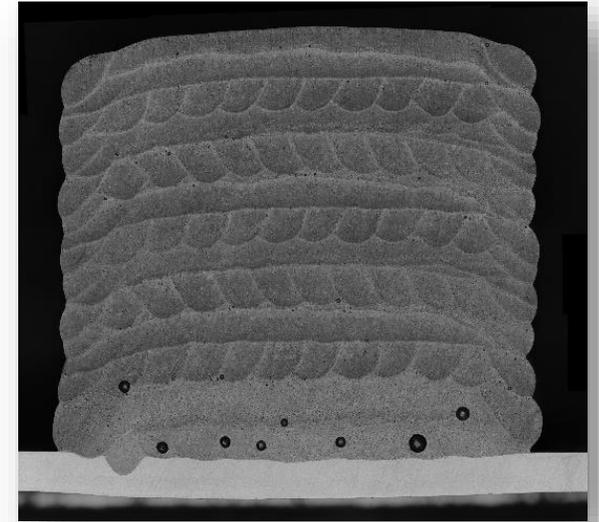
Generatives MSG-Schweißen zur geometrischen Modifikation von Aluminium-Druckgussbauteilen

Versuche auf „schlechtem“ Druckguss mit hoher Porositätserwartung

**WIG-
Konditionierung
+
additiver
MIG-Prozess**

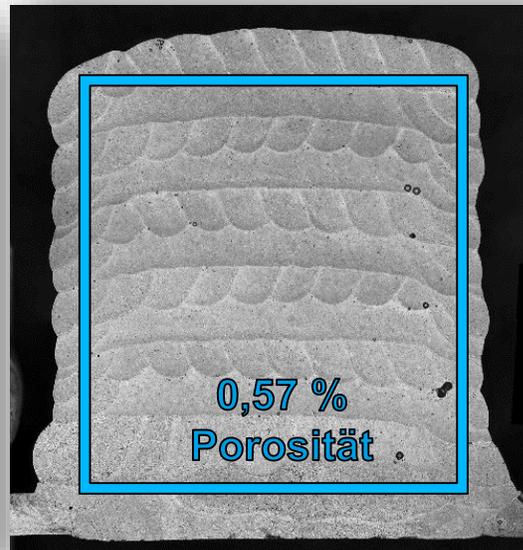
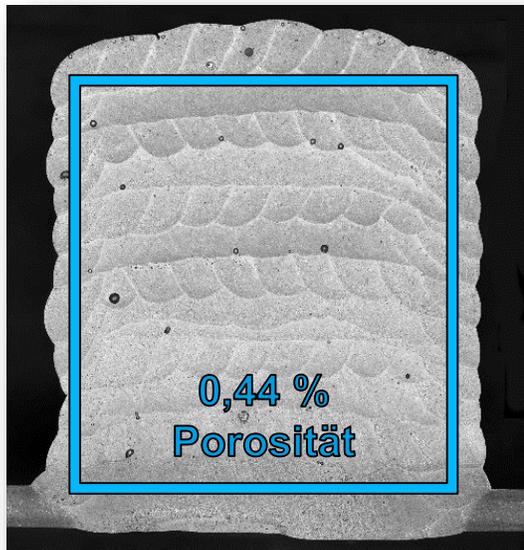
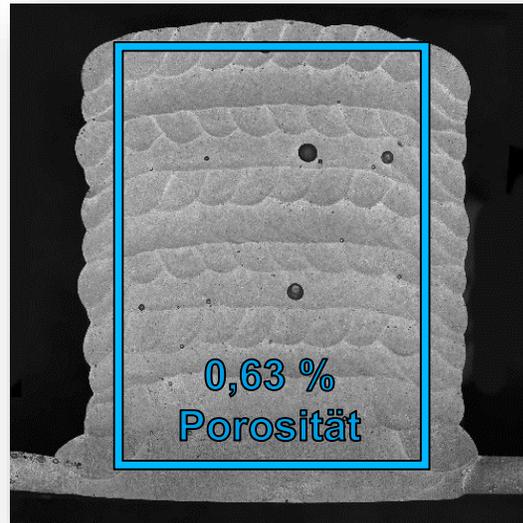


**reiner
additiver
MIG-Prozess**

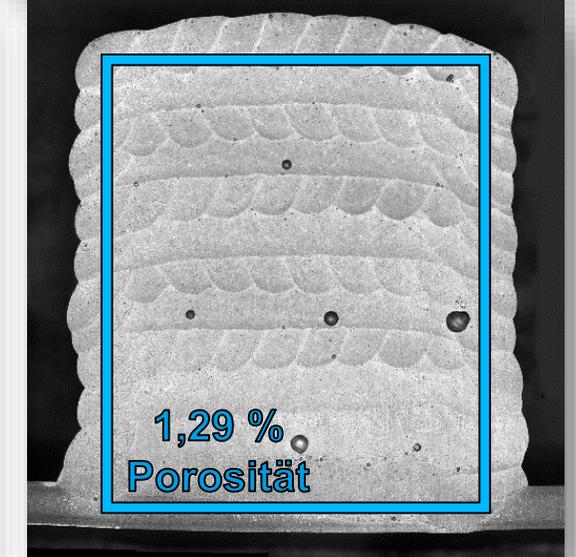
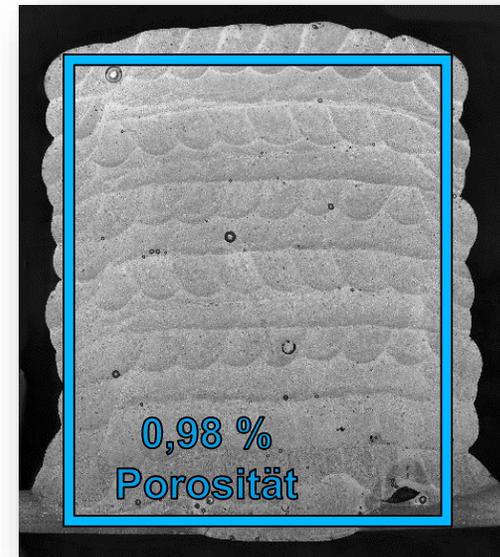
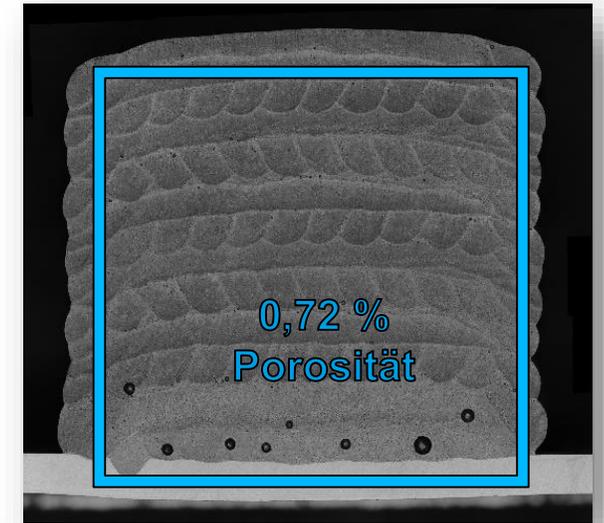


Kontrast-Messung über Software: Messbereich im **aufgezogenen Rahmenbereich**

**WIG-
Konditionierung
+
additiver
MIG-Prozess**

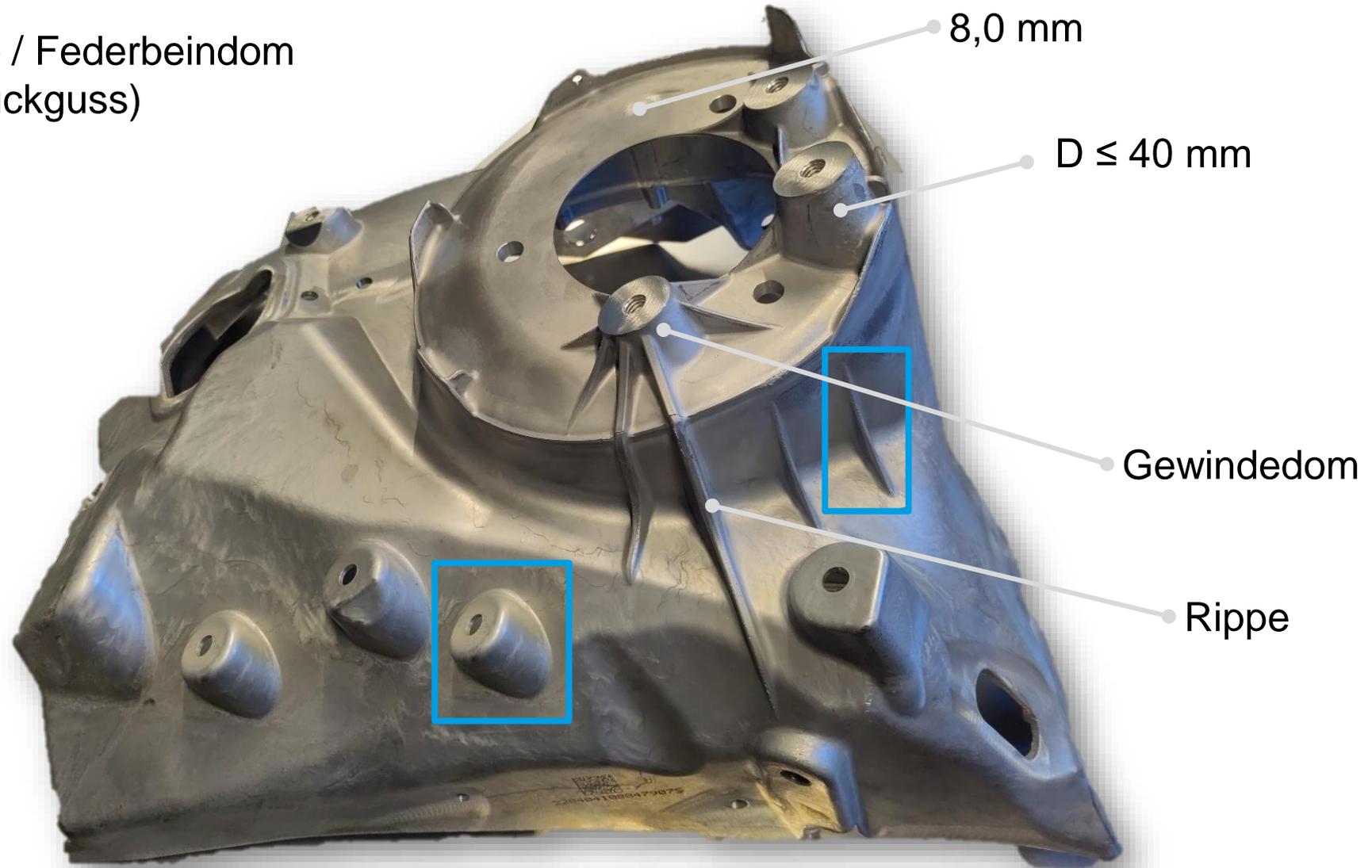


**reiner
additiver
MIG-Prozess**

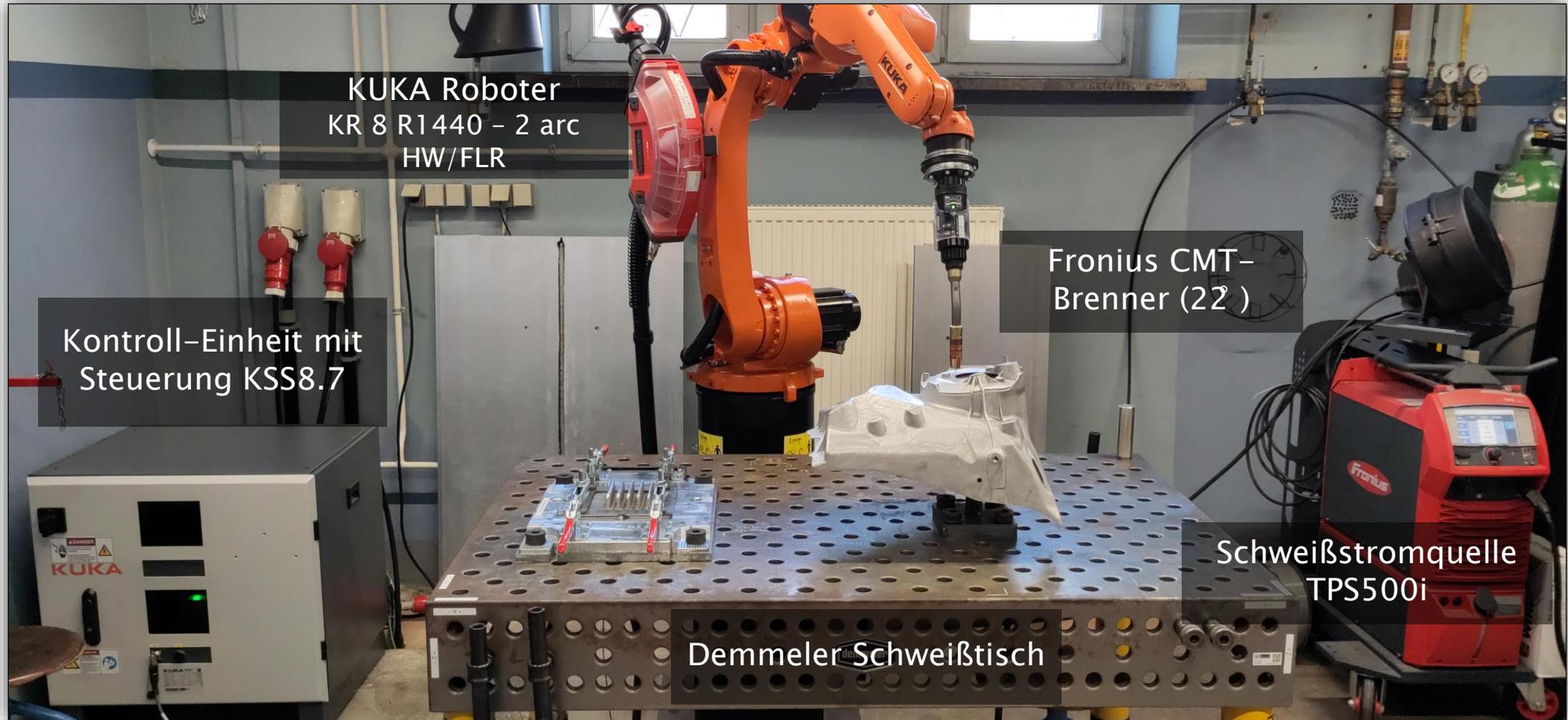


Versuche am Realbauteil: Federbeindom

Bauteil: Federbeinaufnahme / Federbeindom
Werkstoff: **AlSi10MnMg** (Druckguss)



Umzug auf die Roboterzelle für Versuche am Realbauteil

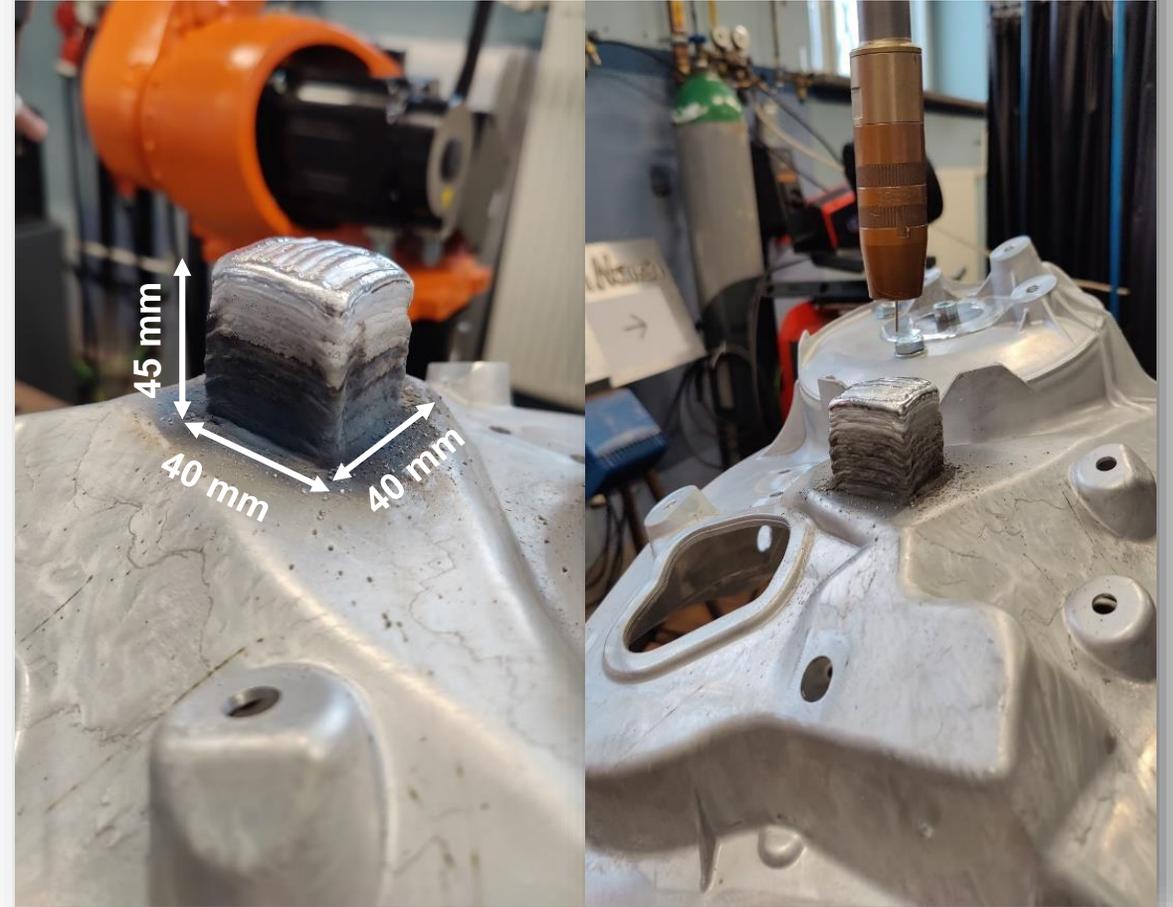


Umsetzung der Vollstruktur auf dem Realbauteil

Haltevorrichtung WIG-Brenner am Roboter



2. Versuch: CMT mix + CMT universal, Raster Kontur



Prozessparameter der Quaderstruktur / Fräsprozess auf 3-achsiger CNC-Maschine



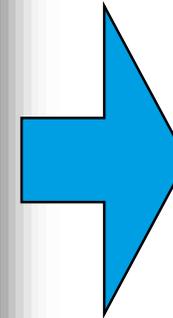
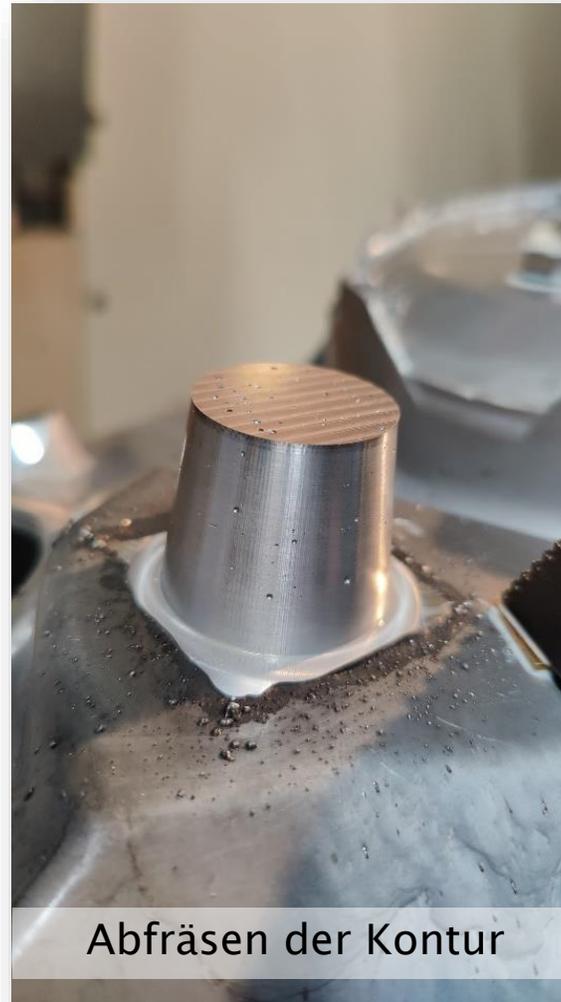
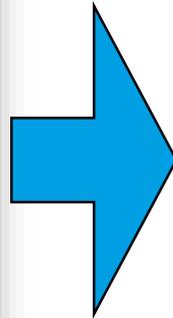
Quaderstruktur
am Federbeindom

Lage	Prozess	Leistung P [kW]
1 bis 3	CMT mix	1,99
3 bis 10	CMT mix	1,69
11 bis 30	CMT mix	1,39
31 bis 35	CMT	0,77



Zerspanen auf einer 3-
achsigen CNC-
Fräsmaschine

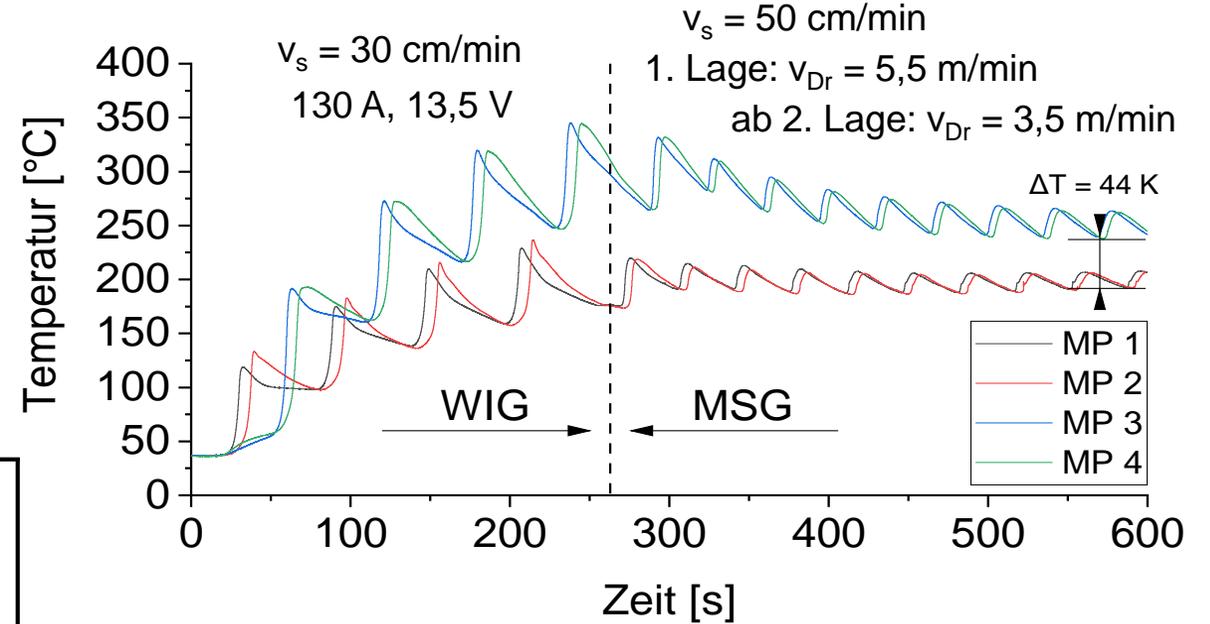
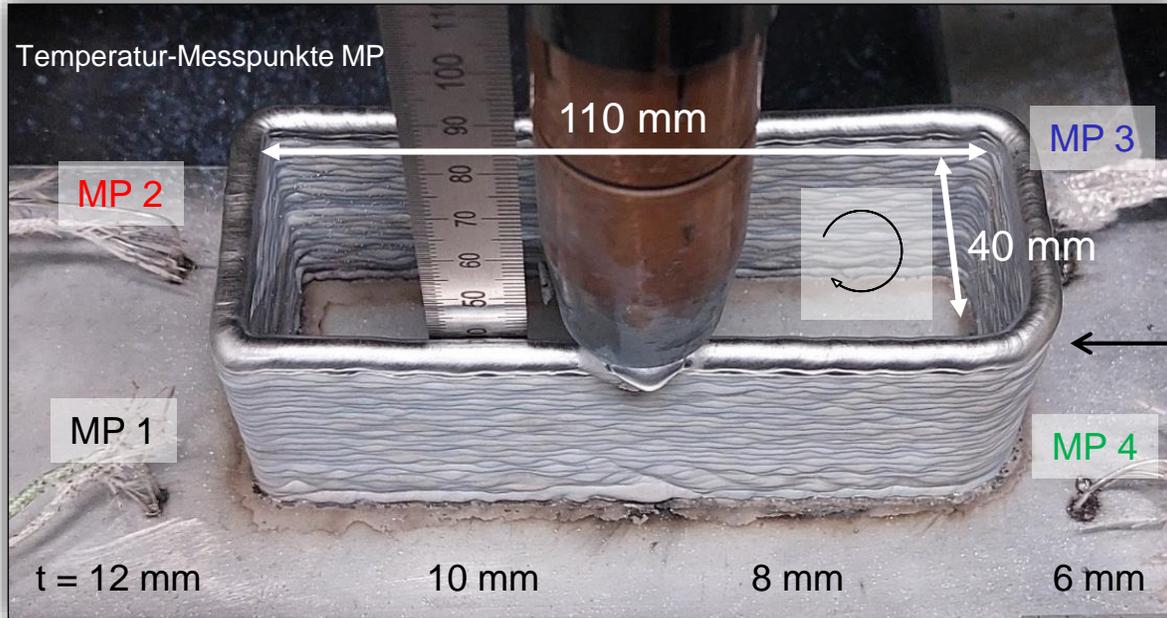
Abfräsen der Quaderkontur – fertige Struktur als Gewindedom



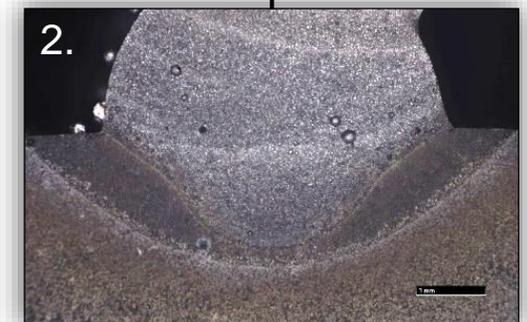
Motivation und Ausgangssituation: WIG-Konditionierung der Fügezone

Probengeometrie: Rechteckrohr

Strategie:



Vorwärmtemperatur $\approx 250^\circ \text{C}$



$v_{Dr} = 5,5 \text{ m/min}$

Vergleich verschiedener Zustände der aufgebauten WAAM-Struktur - Auswahl

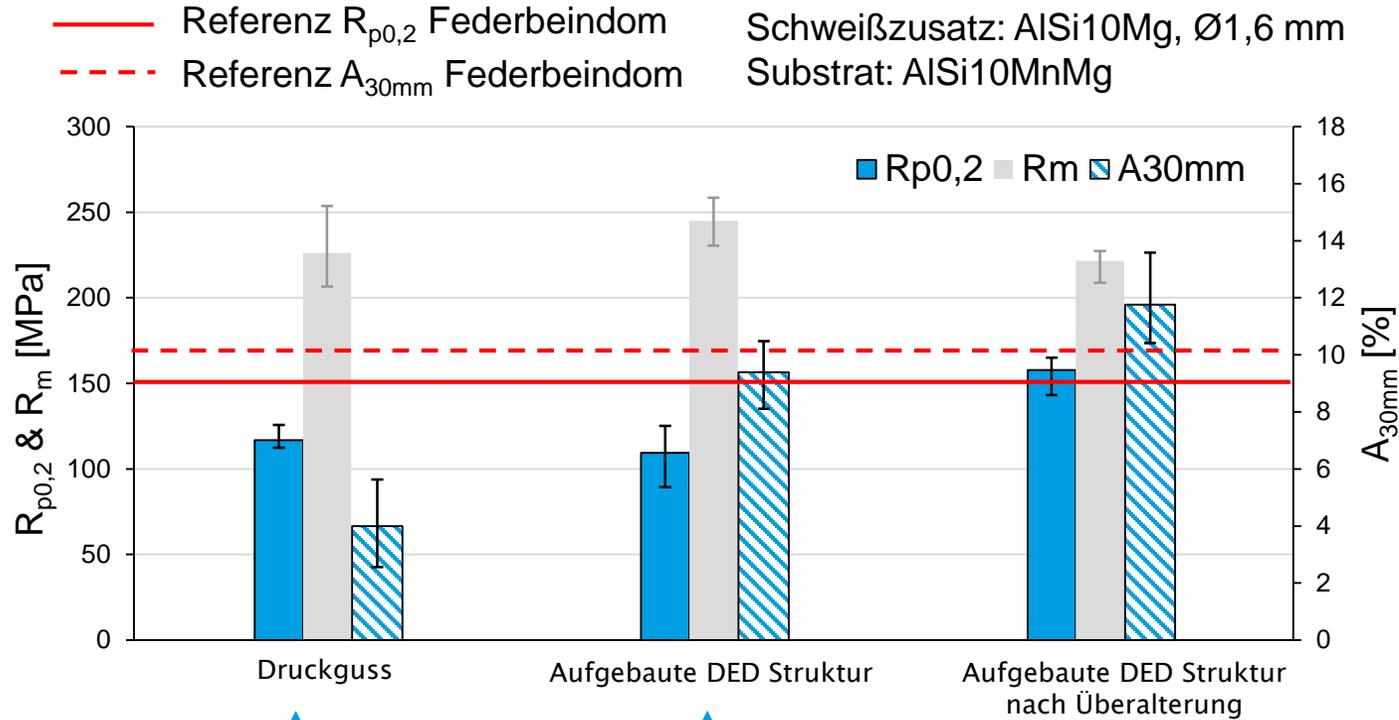
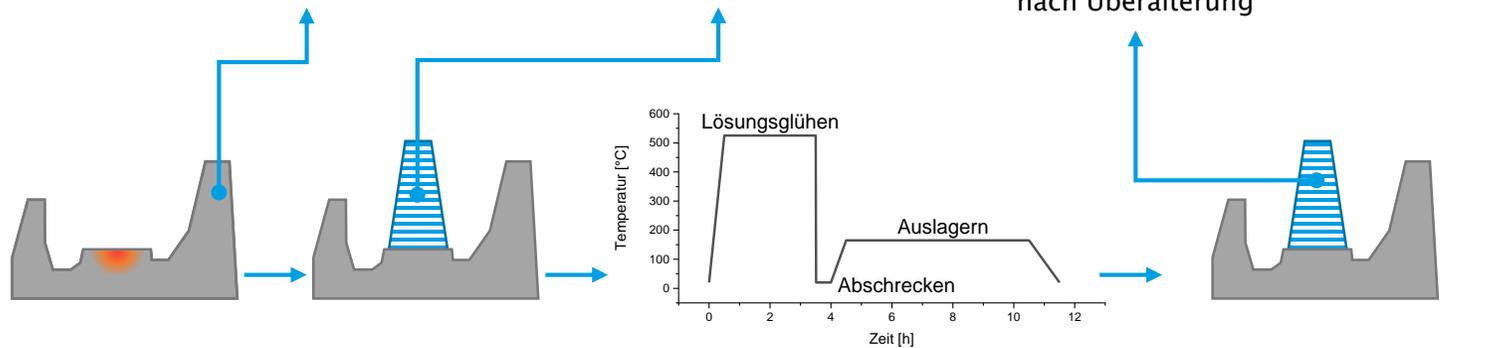


Tabelle 2 – Mechanische Eigenschaften im Anlieferungszustand

Ausführung-Klasse	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$	Zugfestigkeit R_m	Bruchdehnung A
AB-12	120 MPa bis 150 MPa	≥ 180 MPa	≥ 10 %
AB-15	150 MPa bis 180 MPa	≥ 215 MPa	≥ 7 %

Quelle: Audi (Abstimmung Herr Rudolph)



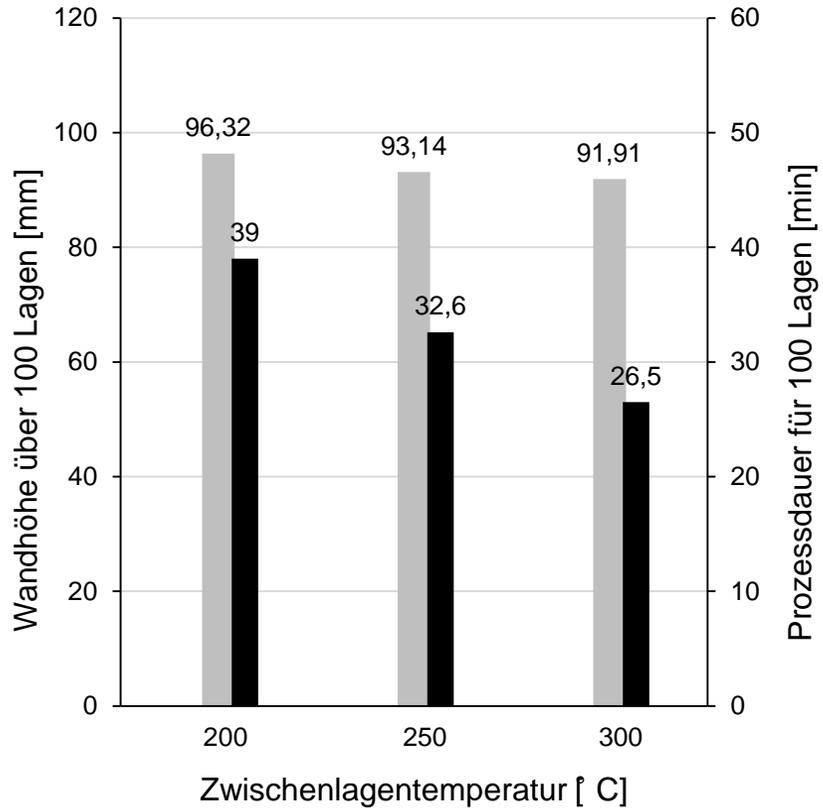
Empfehlung:
Schweißen erst nach der
Wärmebehandlung!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.ovgu.de/iwf



Einfluss der Zwischenlagentemperatur



■ Wandhöhe über 100 Lagen [mm] ■ Prozessdauer für 100 Lagen [min]

→ Wand mit 120 mm Länge und Strichraupen



Erreichen der 100. Lagenschweißung

$T_{\text{Zwischenlage}}$ [°C]	Mittlere Wandbreite		Bearbeitungs- zugabe [mm]
	Ohne Zerspanung [mm]	Nach Zerspanung [mm]	
200	4,09	3,55	0,54
250	4,47	3,91	0,56
300	4,66	4,04	0,62

- Gleichmäßiger Lagenaufbau mit **Temperatursteuerung** möglich
- **Bearbeitungszugabe** bleibt über die gesamte Wandhöhe nahezu **konstant**