
Alternative Verfahren

- Wer die Wahl hat, hat die Qual, pros and cons -

PD Dr.-Ing. habil. Frank Riedel

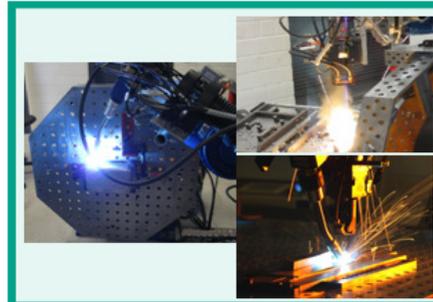
23. Schweißtechnisches Kolloquium
Hochschule für angewandte Wissenschaften
Hamburg, 07. Februar 2012

- 0** **Vorstellung Fraunhofer IWU**
- 1** **Einleitung**
- 2** **Fügeverfahren**
- 3** **Schweißverfahren**
 - 3.1 Schmelzschweißen
 - 3.2 Pressschweißen
- 4** **Fügen durch Umformen**
 - 3.1 Einteilung
 - 3.2 Entwicklungsbeispiele
- 5** **Fügen im Flugzeugbau**
- 6** **Qualitätssicherung**
- 5** **Zusammenfassung**

Kompetenzfelder

Technologie

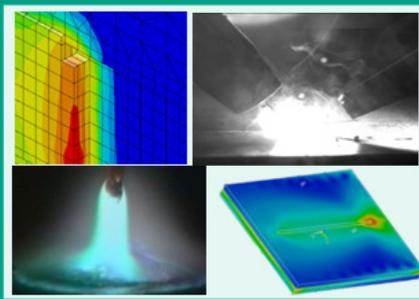
Entwicklung / Optimierung



- Laserschweißen
- Laser-Hybrid-Schweißen
- Laserauftragschweißen
- Laserschneiden
- Lichtbogenschweißen
- Plasmaschweißen
- Widerstandsschweißen
- Löten
- ...

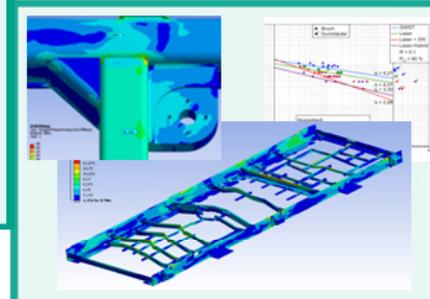
Prozess

Analyse / Optimierung



- Analyse Prozessparameter
- Prozessanalyse mittels - z. B. Hochgeschwindigkeitsaufnahmen, - z. B. Thermografie
- Prozesssimulation

Konstruktion / Bemessung



- Beanspruchungsanalyse geschweißter Konstruktionen (Spannungen/Verformungen)
- Bemessung und Festigkeitsnachweis
- Gestaltung

Prototyp / Testserie



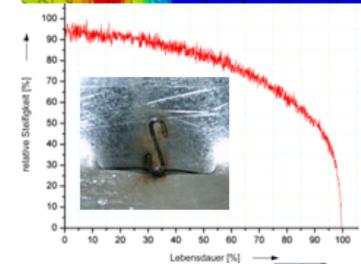
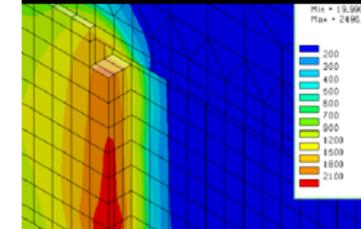
- Prototyp
- Testserie
- Bauteilprüfung
- Qualitätssicherungskonzept

Kompetenzfelder

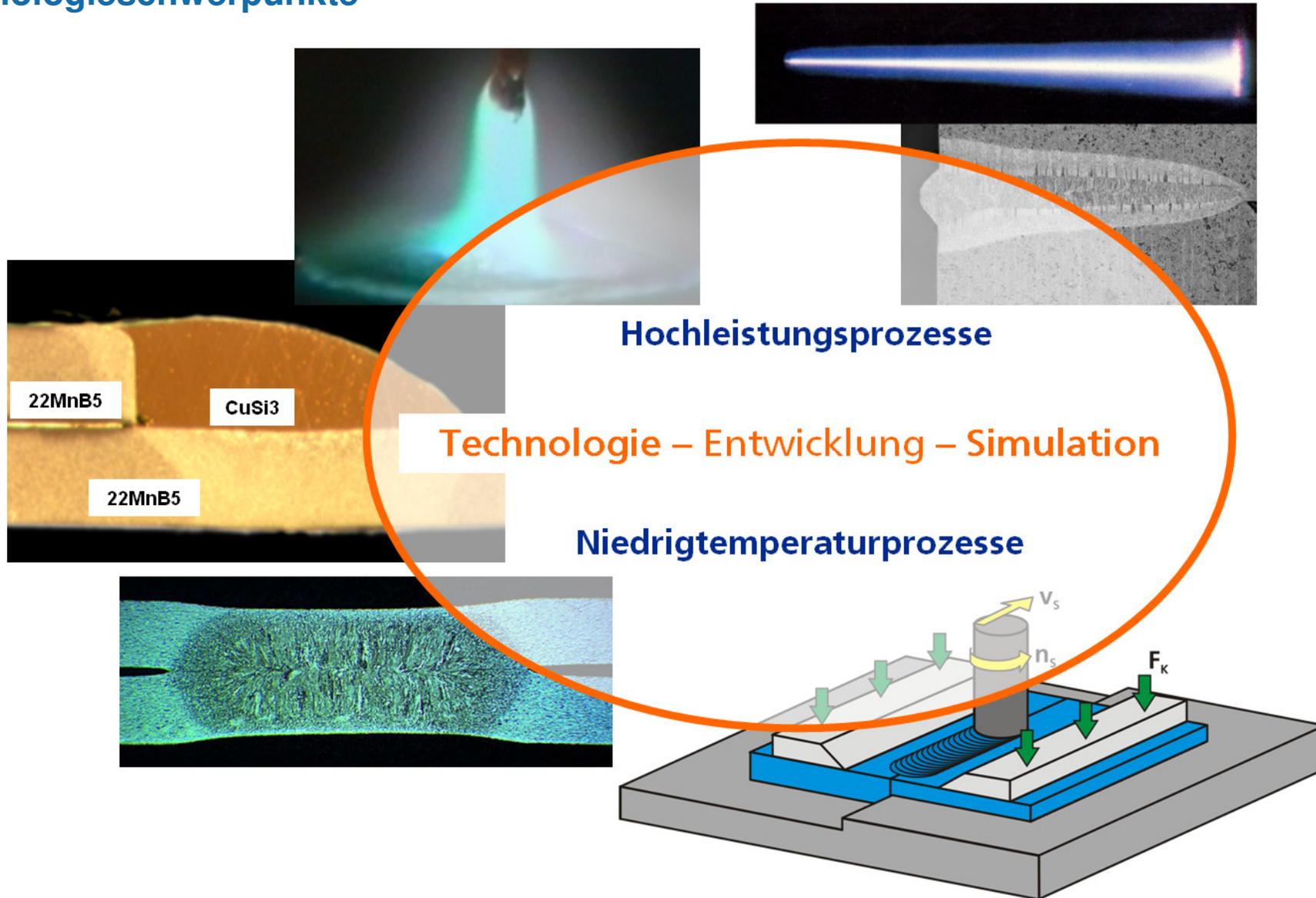
- **Technologieentwicklung zum Schweißen von neuartigen Werkstoffen und Werkstoffkombinationen**
 - **Magnesiumlegierungen** (Automobilbau)
 - **höchstfeste Stähle** (z. B. Presshartstähle für Automobilbau)
 - **Titanlegierungen** (Flugzeugbau)

- **Entwicklung von Bemessungskonzepten gefügter Bauteile, durchgehende Simulation des Schweißens und der Beanspruchung geschweißter Bauteile**
 - (Weiter-)Entwicklung von **Bemessungskonzepten**
 - **Prozesssimulation** zur Ermittlung von **Verzug, Eigenspannungen** und **Gefügeänderungen**
 - **Beanspruchungssimulation** zur Ermittlung der **Festigkeit** und **Steifigkeit** geschweißter Bauteile

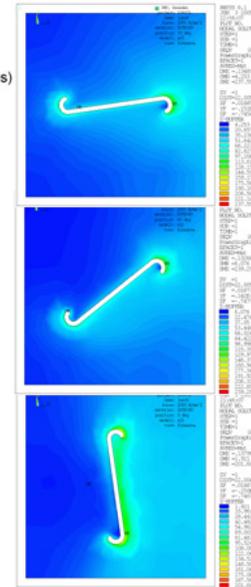
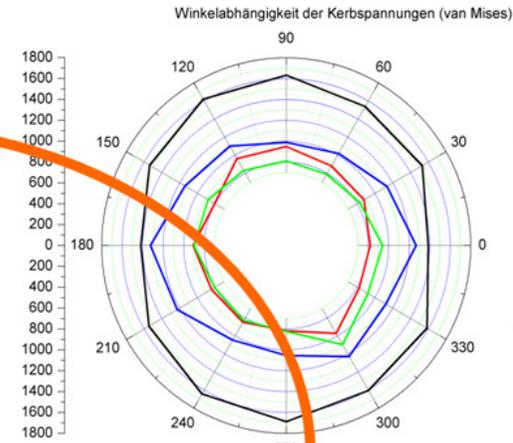
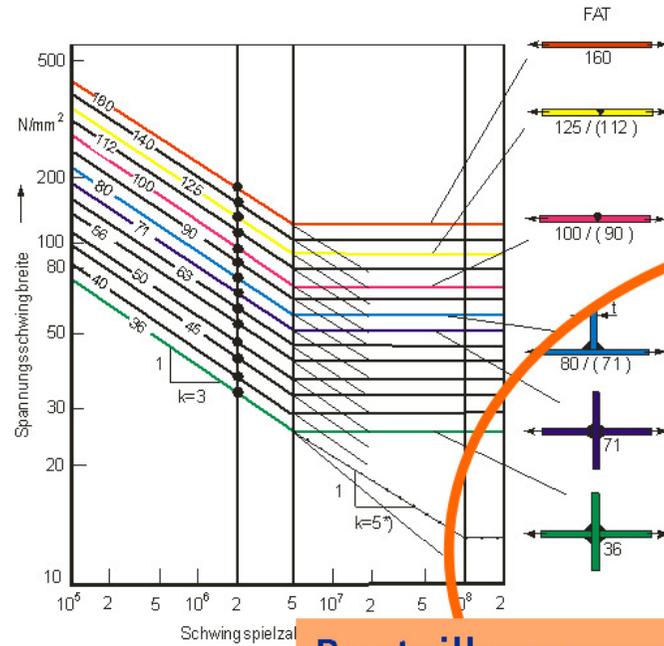
- **Industrieprojekte / Dienstleistungen**
 - vollständige Abbildung der **Prozesskette geschweißter Bauteile** (Entwicklung – Konstruktion – Fertigung – Qualitätssicherung)
 - **Füge-technologie-Screenings** (Analyse der fügetechnischen Aufstellung von Firmen, Entwicklung von Produkten)
 - Herstellung von **geschweißten Prototypen**



Technologieschwerpunkte



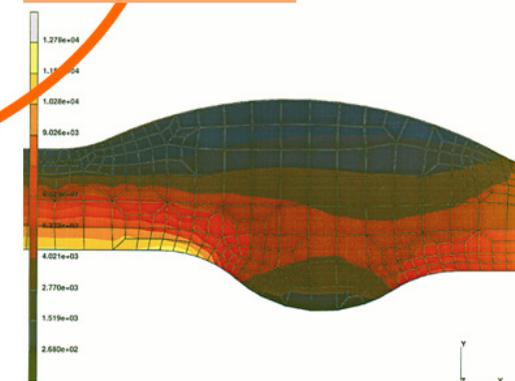
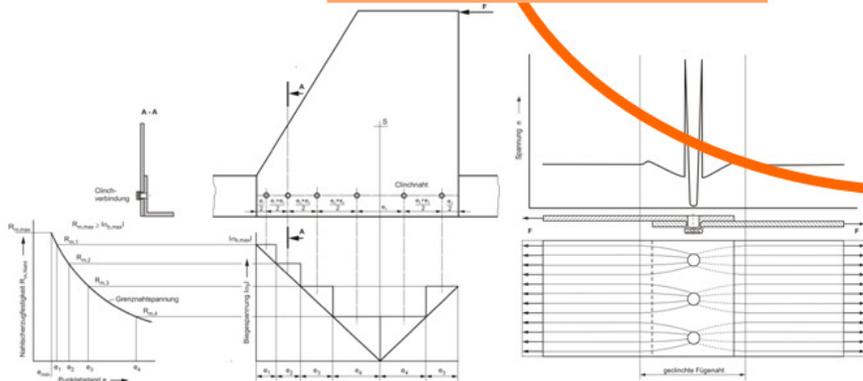
Konstruktionsschwerpunkte



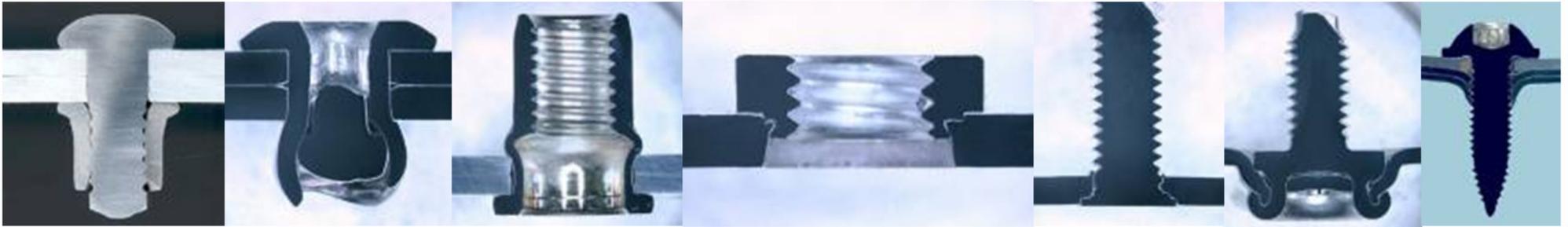
Konstruktion

Bauteilbemessung

Simulation



Technologieschwerpunkte



Schließringbolzen

Blindniet

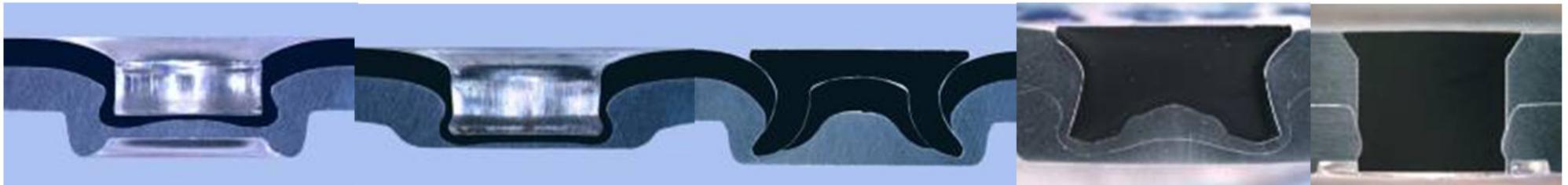
Blindnietmutter

Stanzmutter

Einpressbolzen

Stanzbolzen

Pentaflow-schraube



Clinchpunkt

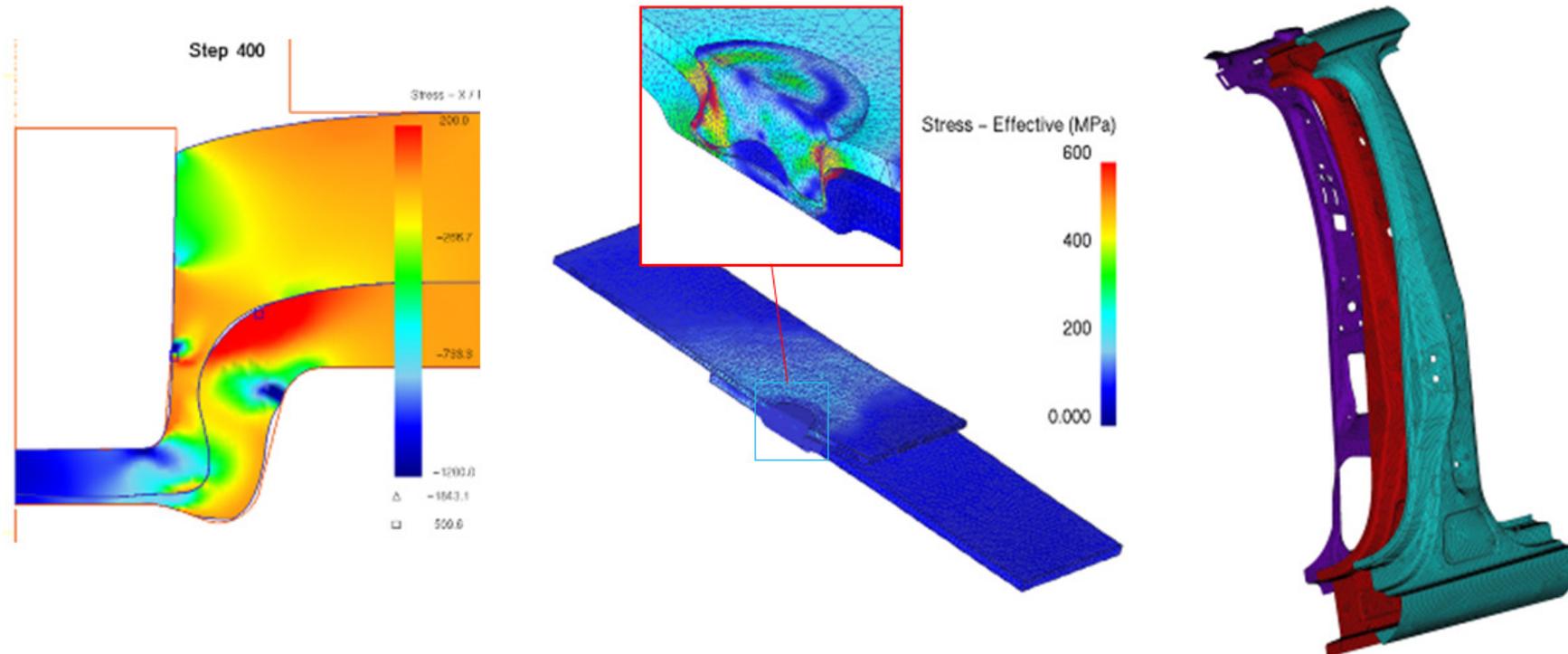
MLC-Clinchpunkt

Halbhohlstanznieten

Nietclinchen

Vollstanznieten

Kompetenzen



Verfahrensentwicklung

- Idee → Technologie
- Problemlösungen
- Eigenschaften (Festigkeit)

Strukturmodelle

- Reduzierung Rechenzeit
- Eigenschaften realitätsnah abbilden (z. B. Steifigkeit, Versagen)

Bauteileigenschaften

- Optimierung der Parameter
- Einfluss der Fügestellen auf die Bauteileigenschaften

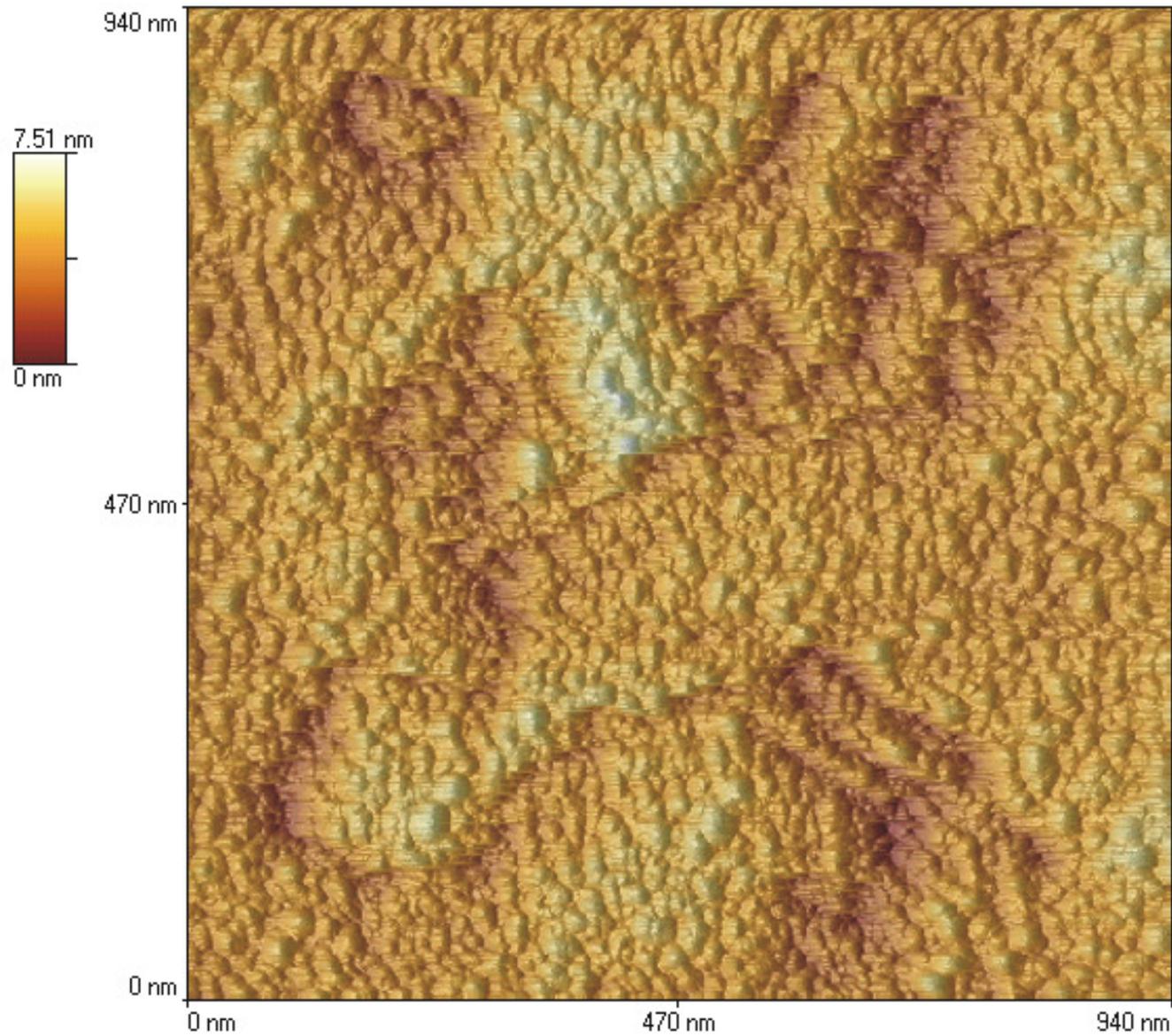


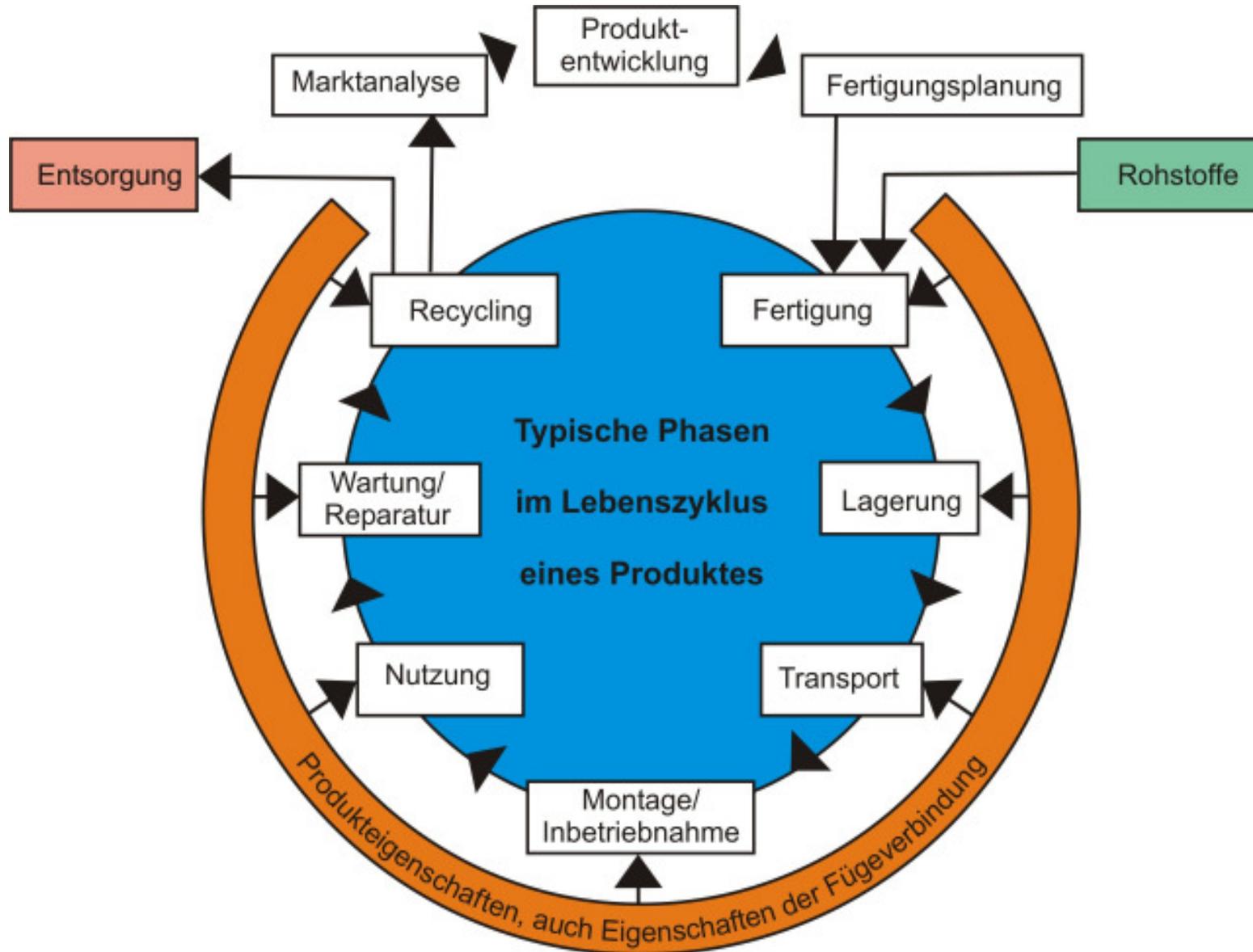
1 mm²

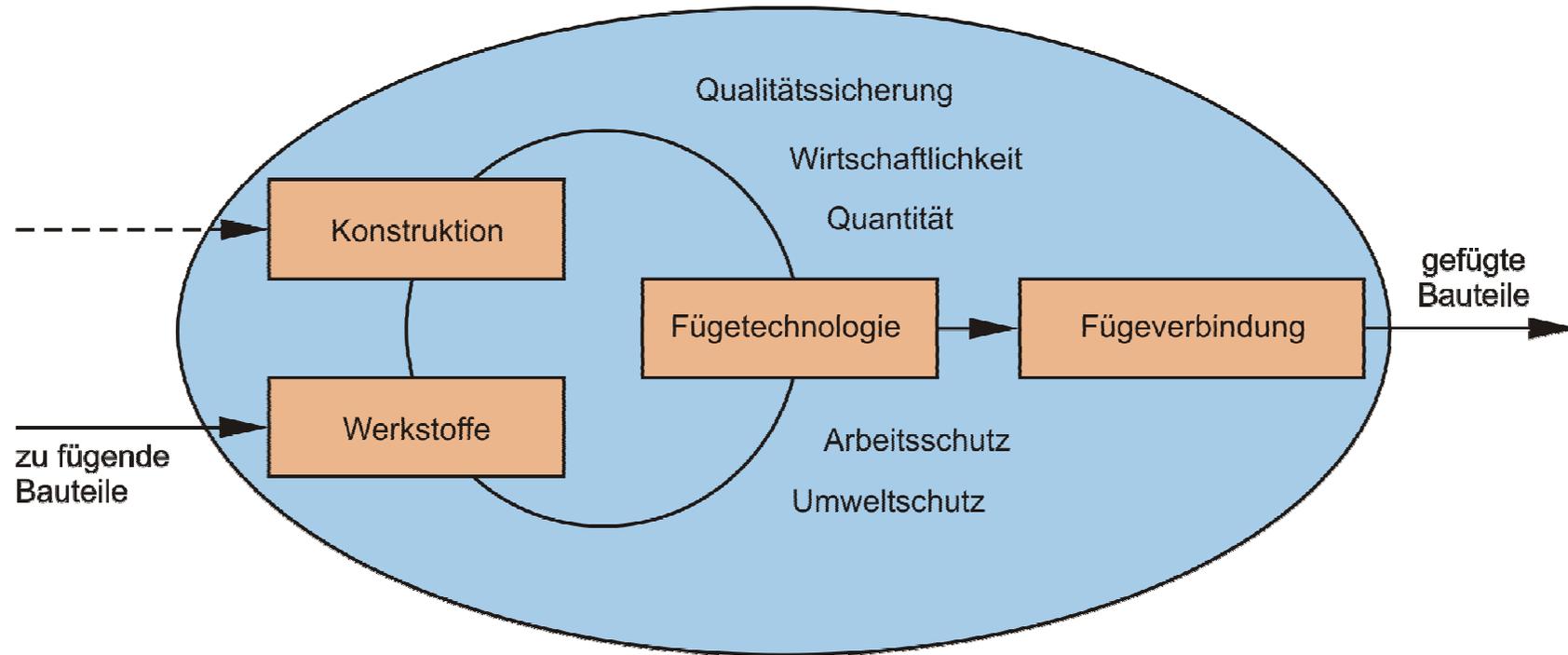
1 µm²

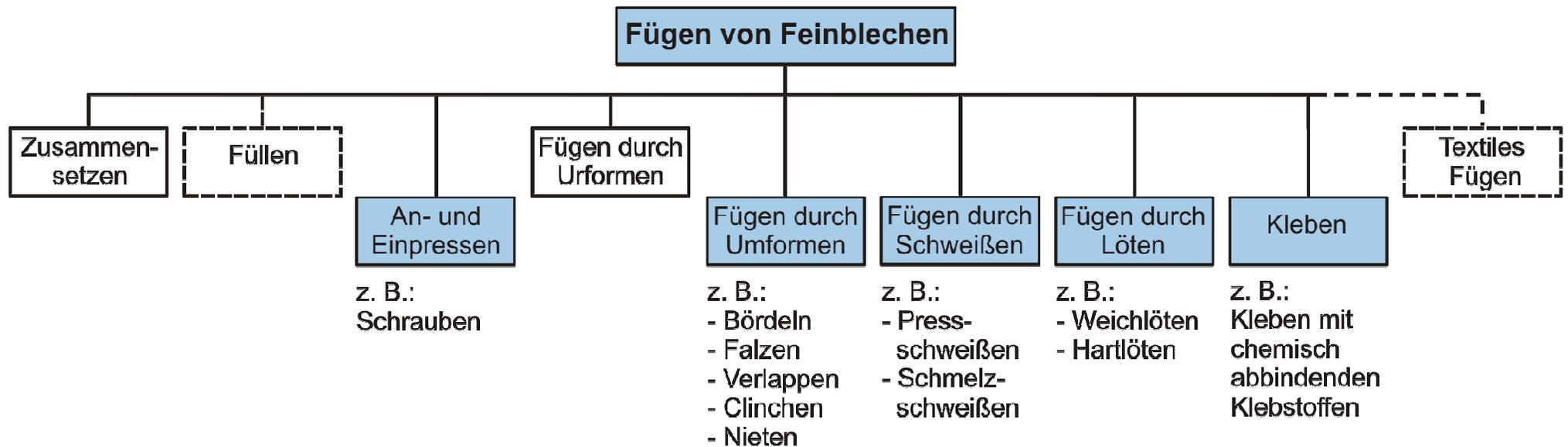
← Strukturgröße des Verbindungsquerschnittes

Dr. Riedel







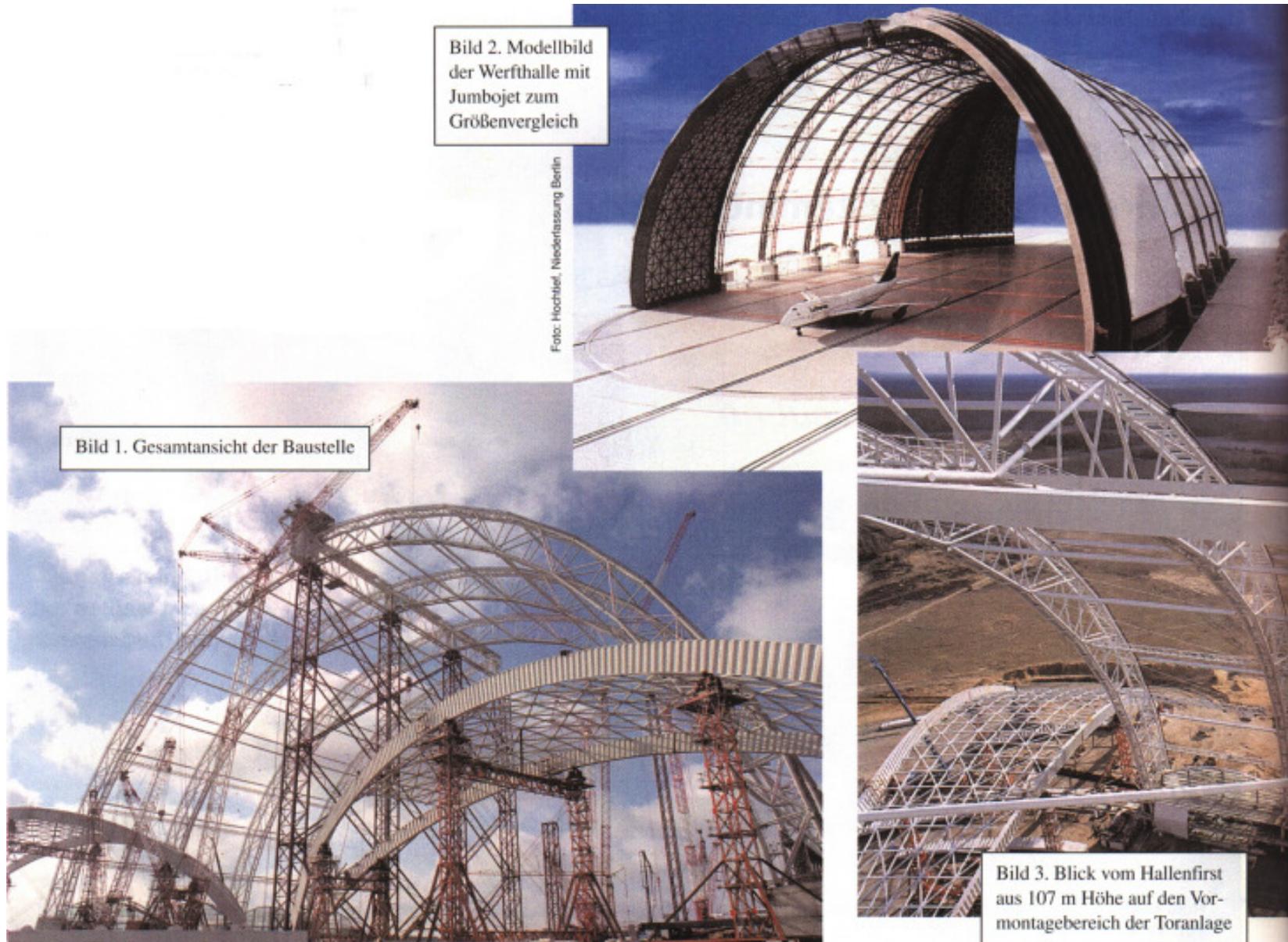




ISBN 3-446-22133-6

Dr. Riedel

14



Wilde, M.; Hilbert, K.: Größte Freihalle ohne Stützen in Europa. Der Praktiker (2000) 9, S. 340-343

Dr. Riedel

15

MSG-Doppeldraht



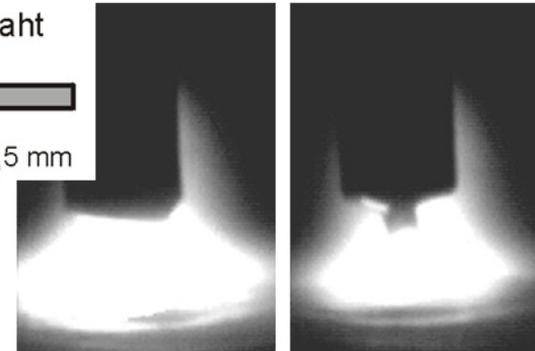
- zwei Drahtelektroden in einem gemeinsamen Kontaktrohr
- Erhöhung der Abschmelzleistung

MSG-Flachdraht

Flachdraht

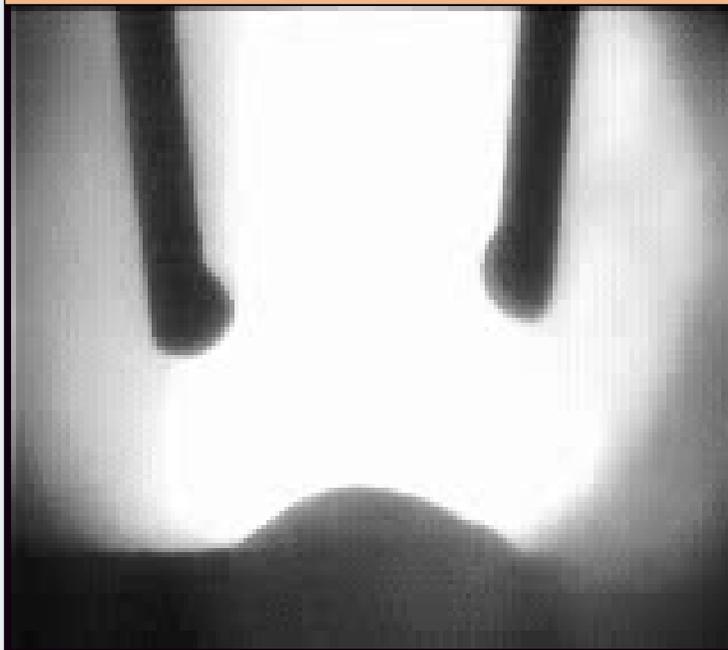


4,5 mm x 0,5 mm



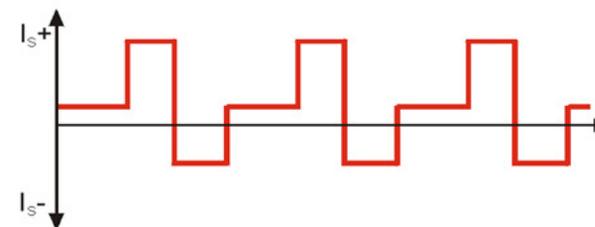
- verbesserte Spaltüberbrückbarkeit

MSG-Tandem

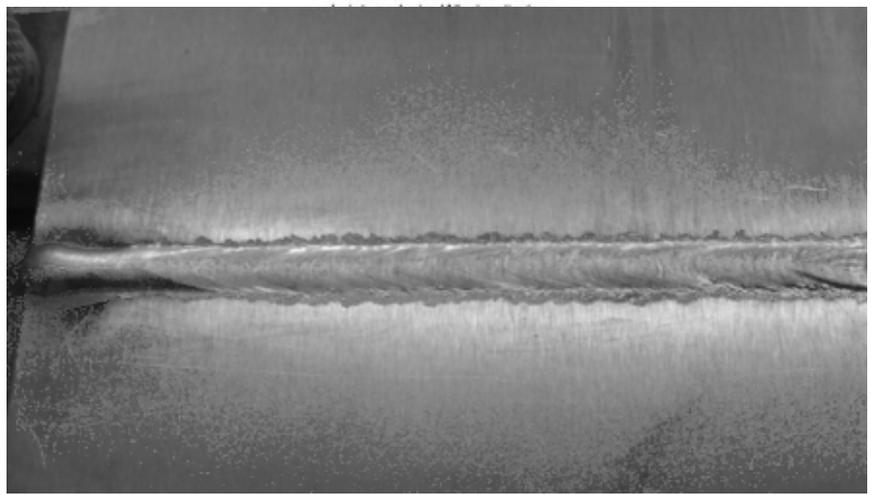
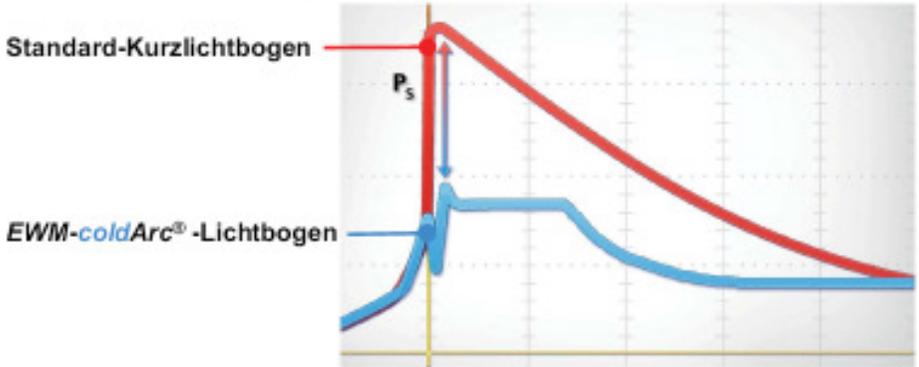
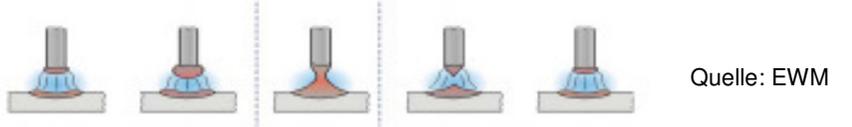


gesteuerter Lichtbogen

- gezielte Energieführung beim Werkstoffübergang
- Hochleistungskurzlichtbogen
- getriggert Kurzlichtbogen
- MSG-Chop Arc-Schweißen
- MSG-Wechselstrom

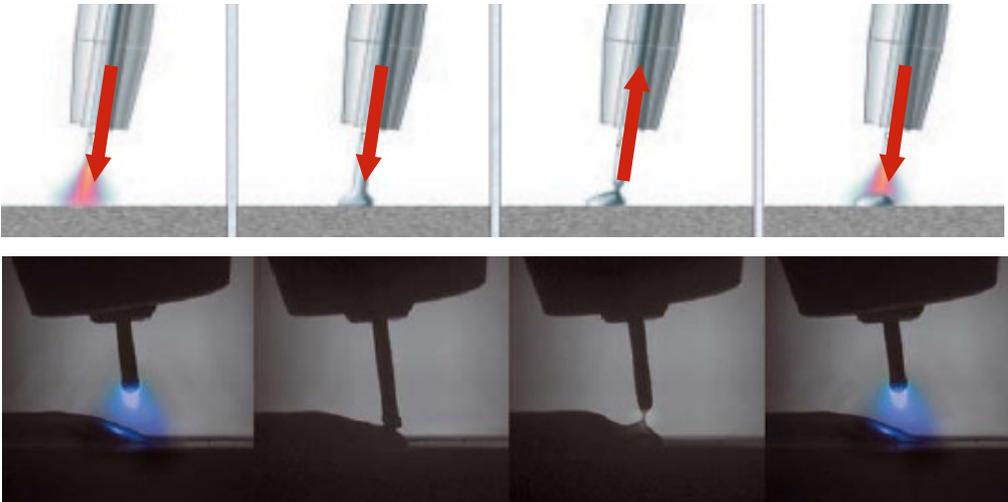


Cold-Arc-Schweißen



CMT-Schweißen

Quelle: Fronius

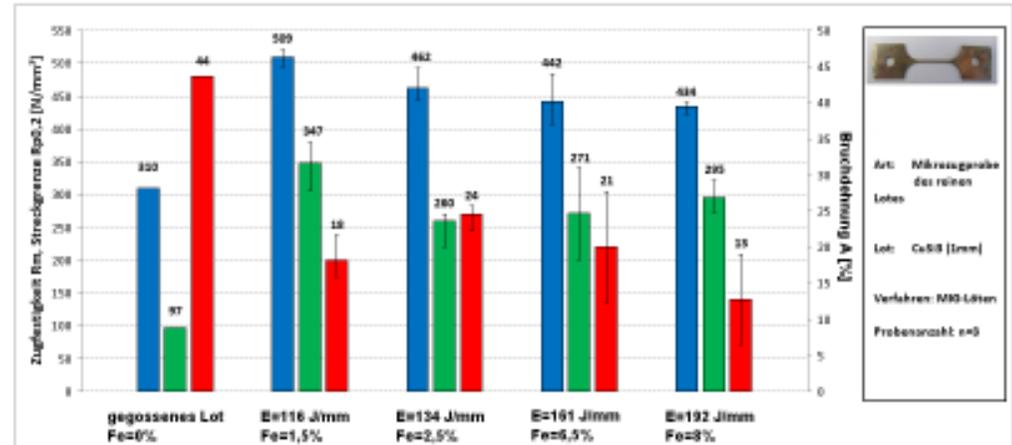
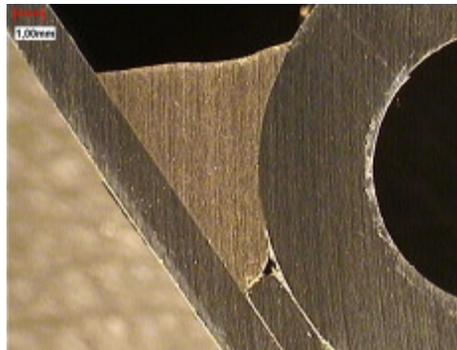


Lichtbogenlöten von verzinkten Stahlblechen

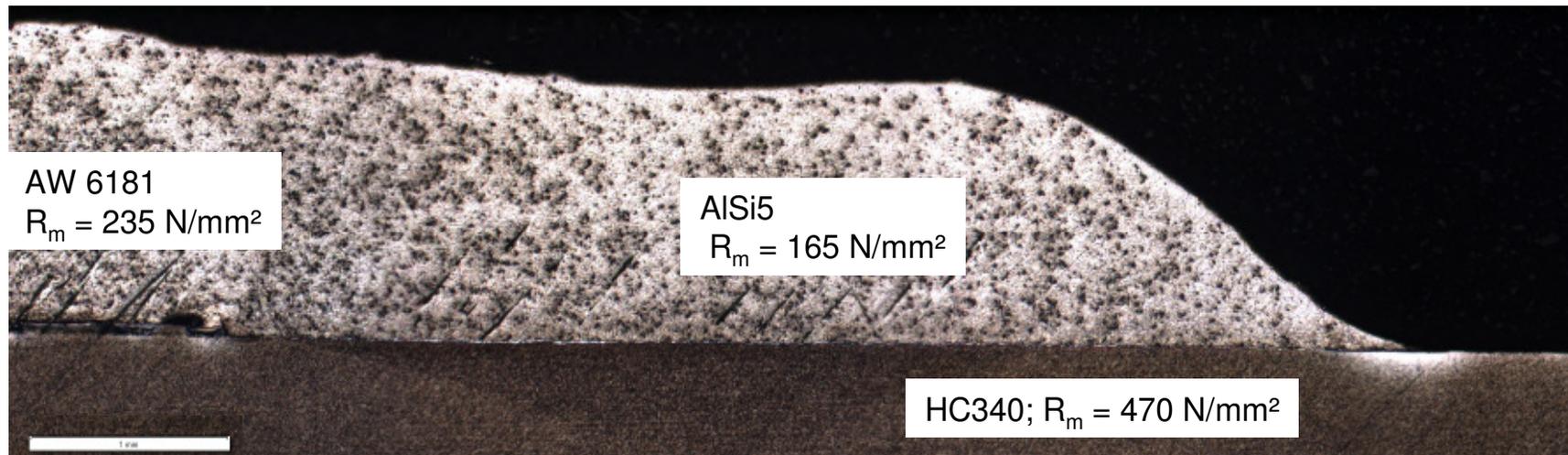
geschweißte Variante



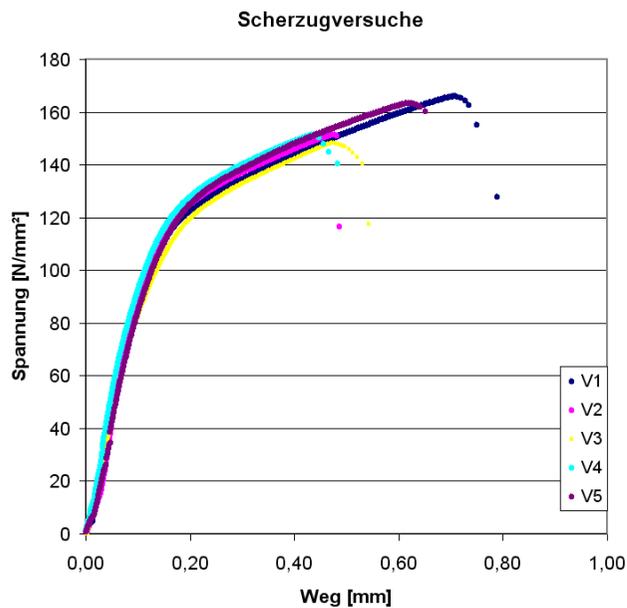
gelötete Variante mit minimalen Wärmeeintrag



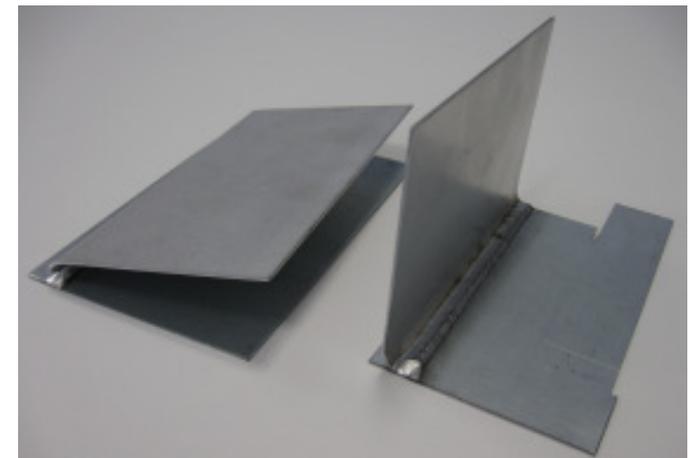
Festigkeit des Lötgutes bei verschiedenen Aufmischungsgraden



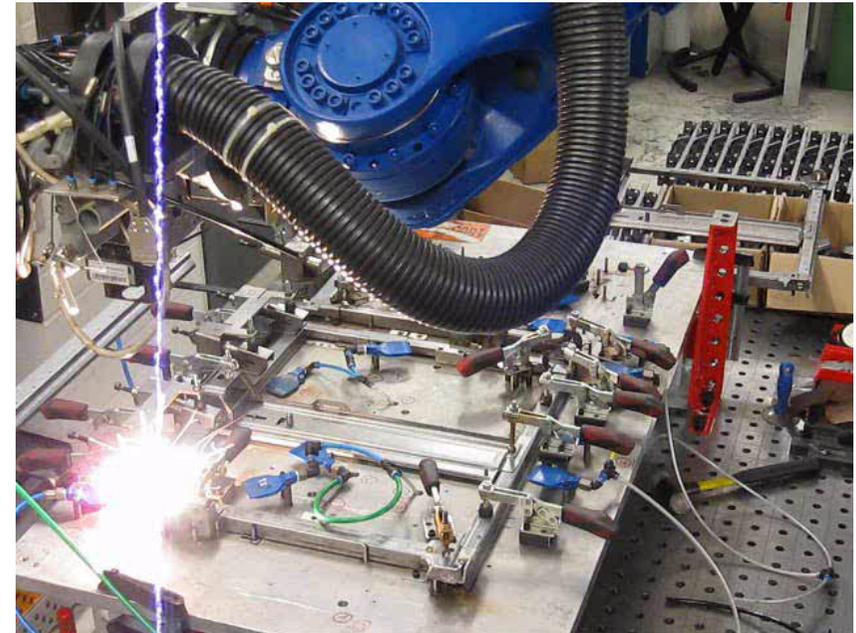
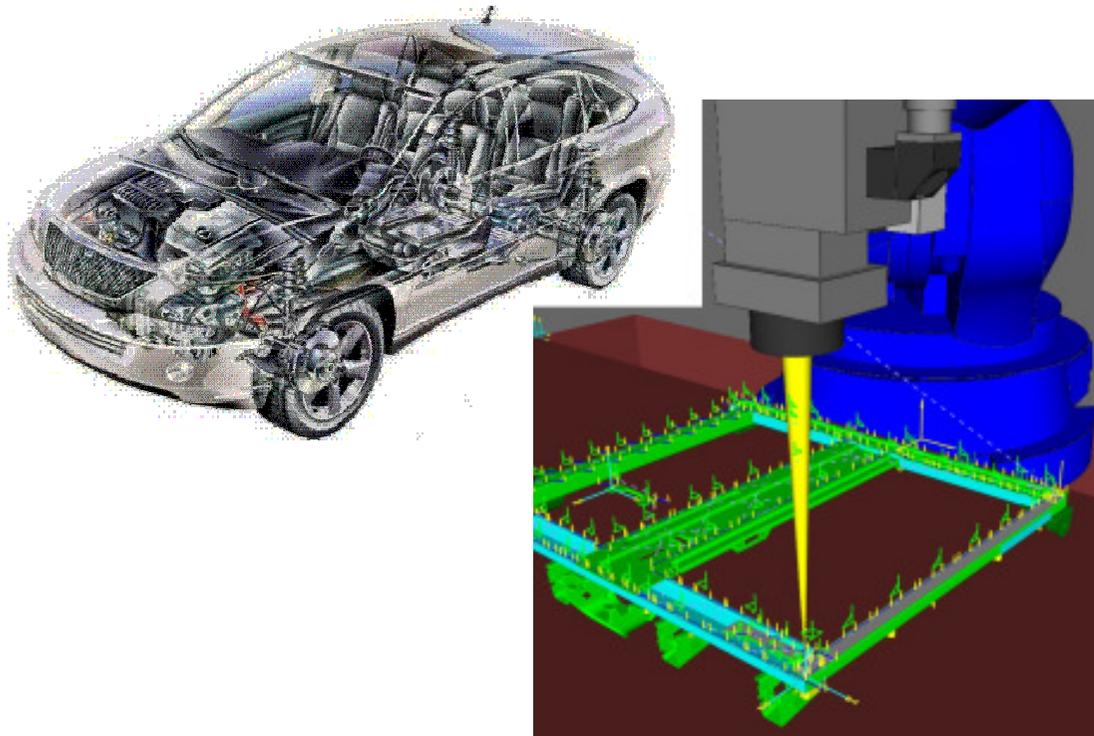
Übersichtsbild



Bruchbild nach Zugversuch
(Versagen in der WEZ-Aluminium)



Biegeprüfung mit Versagen bei 170°
Biegewinkel (links)



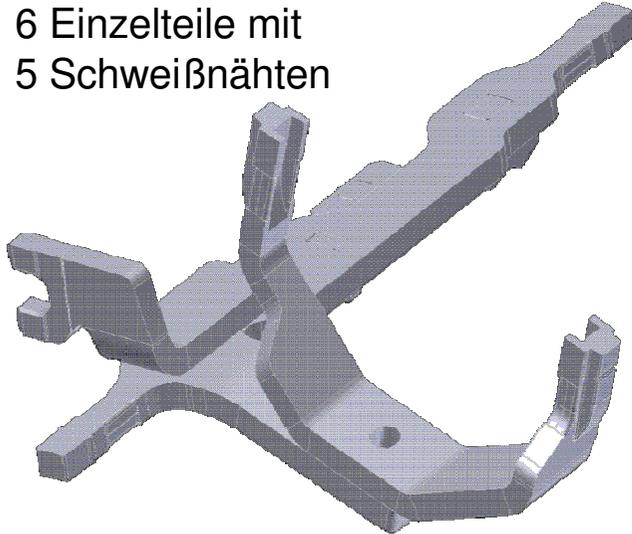
Aufgabenstellungen

- Qualifizierung von Schweißnähten
- Optimierung von Vorrichtungen und Schweißfolgen mittels Offline-Simulation
- reproduzierbare Einhaltung von Toleranzfeldern
- Qualitätssicherungskonzepte
- Fertigung von Prototypen (Bauteile, komplexe 3D-Schweißbaugruppen)

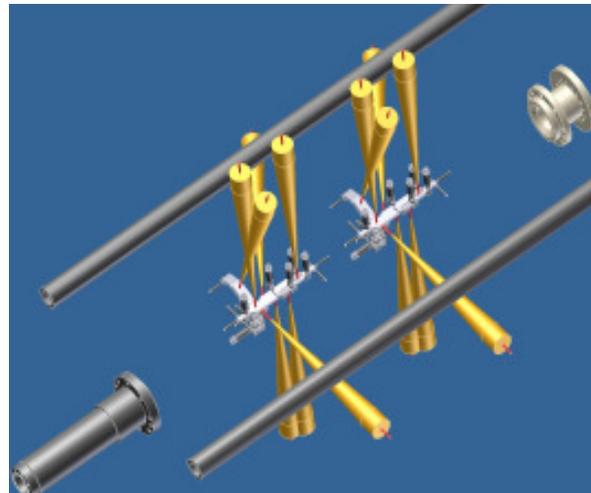
Ziele für die industrielle Umsetzung

- ➔ hohe Qualität (keine Nacharbeit)
- ➔ max. Fertigungsgeschwindigkeit
- ➔ kurze Entwicklungszeiten
- ➔ Einführung in Produktion (Serienfertigung)

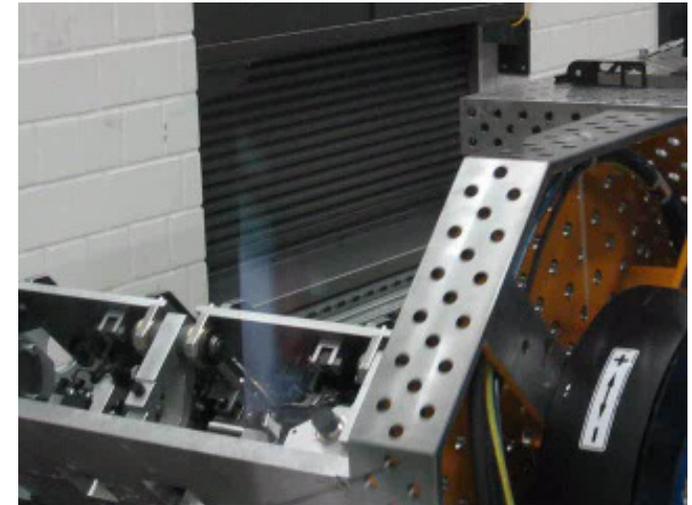
6 Einzelteile mit
5 Schweißnähten



Strahlwege in
der Vorrichtung



Qualifizierung mit
Originalvorrichtungen



Aufgabenstellung

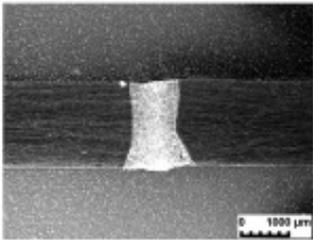
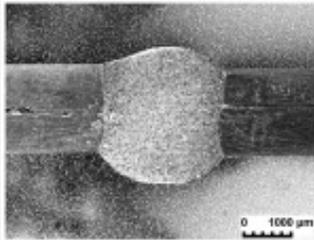
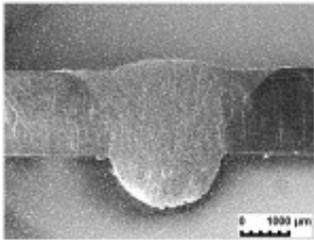
- Optimierung der Nahtqualität
- Minimierung des Schweißverzuges
- Optimierung der Schweißfolge

Ziele für Serienfertigung

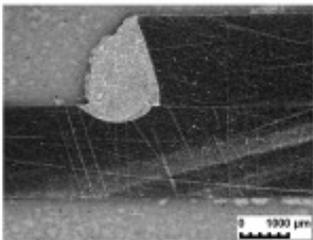
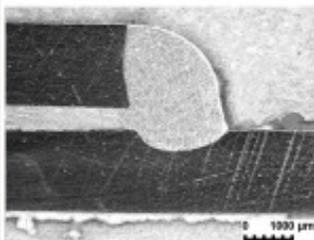
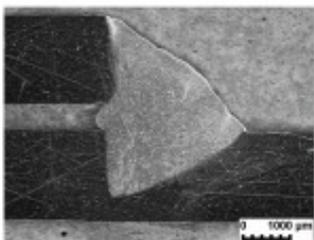
- ➔ hohe Qualität
- ➔ max. Fertigungsgeschwindigkeit
- ➔ keine Nacharbeit

Spaltüberbrückbarkeit

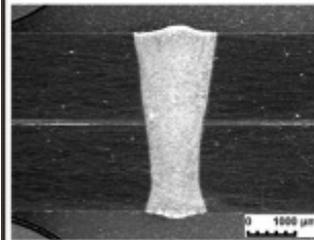
Stumpfstoß

Laserstrahlschweißen	Laserstrahlschweißen mit Zusatzwerkstoff	Laser-MIG-Hybridschweißen
$b_{s,max} = 0,1 \text{ mm}$	$b_{s,max} = 0,7 \text{ mm}$	$b_{s,max} = 0,7 \text{ mm}$
		

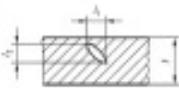
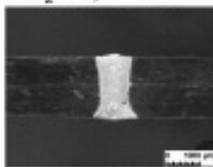
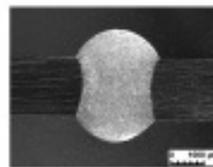
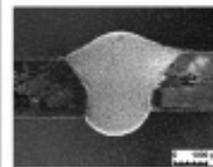
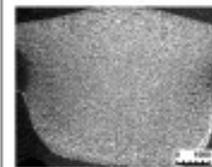
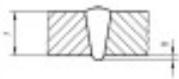
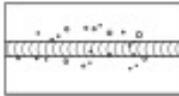
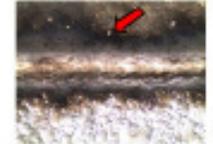
Überlappstoß mit:
Kehlnaht

Laserstrahlschweißen	Laserstrahlschweißen mit Zusatzwerkstoff	Laser-MIG-Hybridschweißen
$b_{s,max} = 0,2 \text{ mm}$	$b_{s,max} = 0,7 \text{ mm}$	$b_{s,max} = 0,7 \text{ mm}$
		

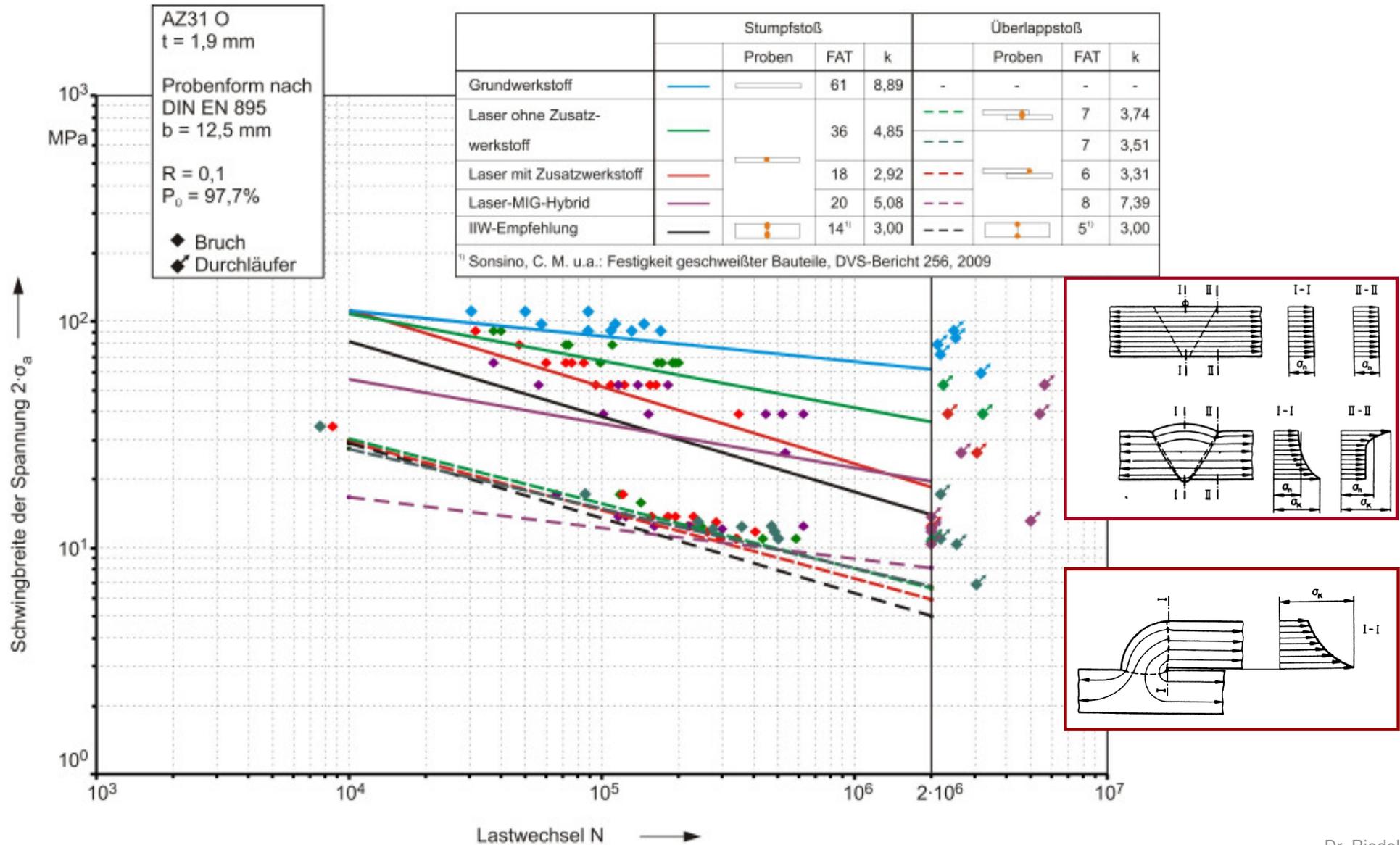
I-Naht

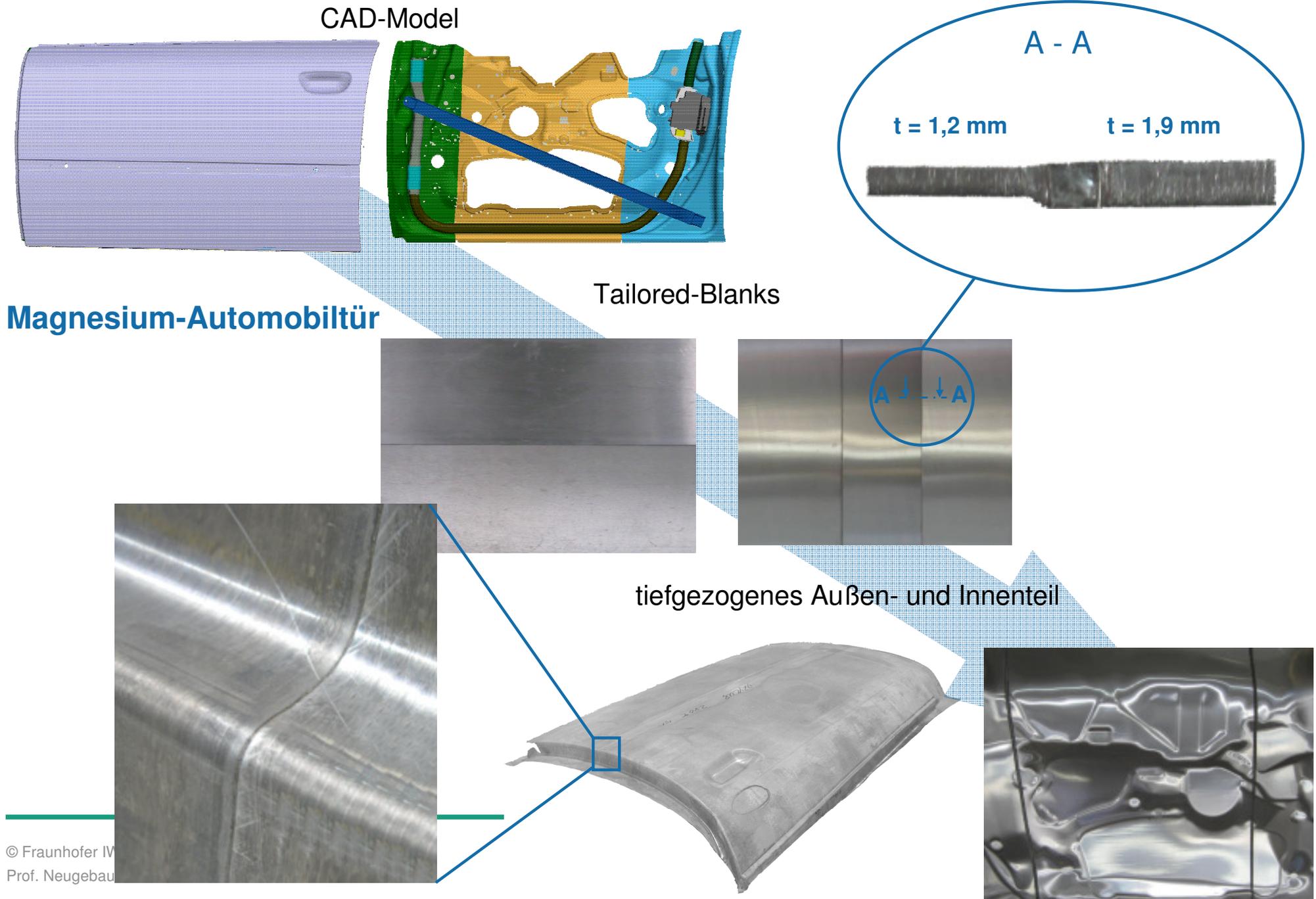
Laserstrahlschweißen
$b_{s,max} = 0,2 \text{ mm}$


Nahtgütebewertung

Bewertung nach DIN EN ISO 13919-2:2001 Bewertungsgruppe B				Laserstrahl- schweißen	Laserstrahl- schweißen mit Zusatzwerkstoff	Laser-MIG- Hybrid-Schweißen	vollmechanisches MIG-Schweißen	DIN EN ISO 10042:2005 Bewertungs- gruppe B
Nr.	Bild	Unregelmäßig- keit, Benennung	Grenzwert					
0		Nahtfläche, Nahtbreite	k. A.	b = 1,14 mm A = 2,01 mm ²	b = 2,64 mm A = 7,16 mm ²	b = 3,70 mm A = 7,14 mm ²	b = 6,70 mm A = 26,76 mm ²	k. A.
3		Porosität und Poren	$l \leq 0,57 \text{ mm}$ $f \leq 3 \%$	$l_1 = 0,15 \text{ mm}$ $l_2 = 0,17 \text{ mm}$ 	keine 	keine 	keine 	$d \leq 0,38 \text{ mm}$ $f \leq 1 \%$
11		Randkerben	$h \leq 0,10 \text{ mm}$	keine 	keine 	keine 	keine 	$h \leq 0,19 \text{ mm}$ max. 0,5 mm
12		Nahtüber- höhung	$h \leq 0,49 \text{ mm}$	$h = 0,12 \text{ mm}$ B	$h = 0,86 \text{ mm}$ B keine D	$h = 0,76 \text{ mm}$ B D	$h = 0,76 \text{ mm}$ B	$h \leq 1,5 \text{ mm}$ + 0,1·b
13		Wurzelüber- höhung	$h \leq 0,49 \text{ mm}$	$h = 0,09 \text{ mm}$ B	$h = 0,71 \text{ mm}$ B D	$h = 0,69 \text{ mm}$ B D	$h = 2,46 \text{ mm}$ B	$h \leq 3 \text{ mm}$
20		Schweißspritzer	k. A.		keine	nur bei unangepassten Parametern	nur bei unangepassten Parametern	k. A.

Schwingfestigkeit





Innovativer regionaler Wachstumskern TeMakplus

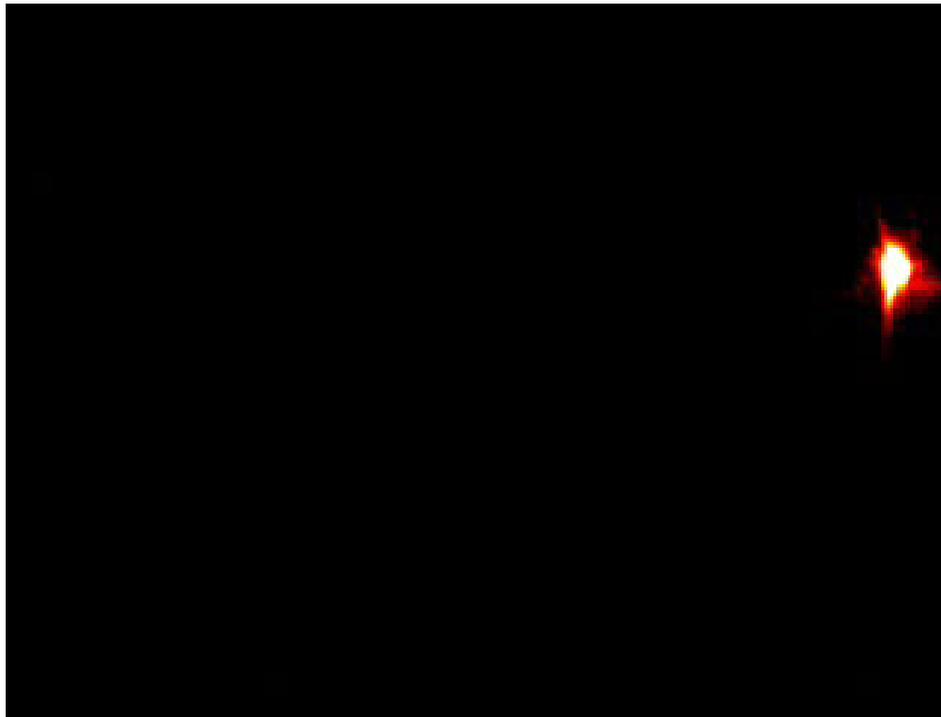
(Technologieplattform zum Einsatz von Magnesium-Knetlegierungen für den Fahrzeugbau im Produktlebenszyklus)



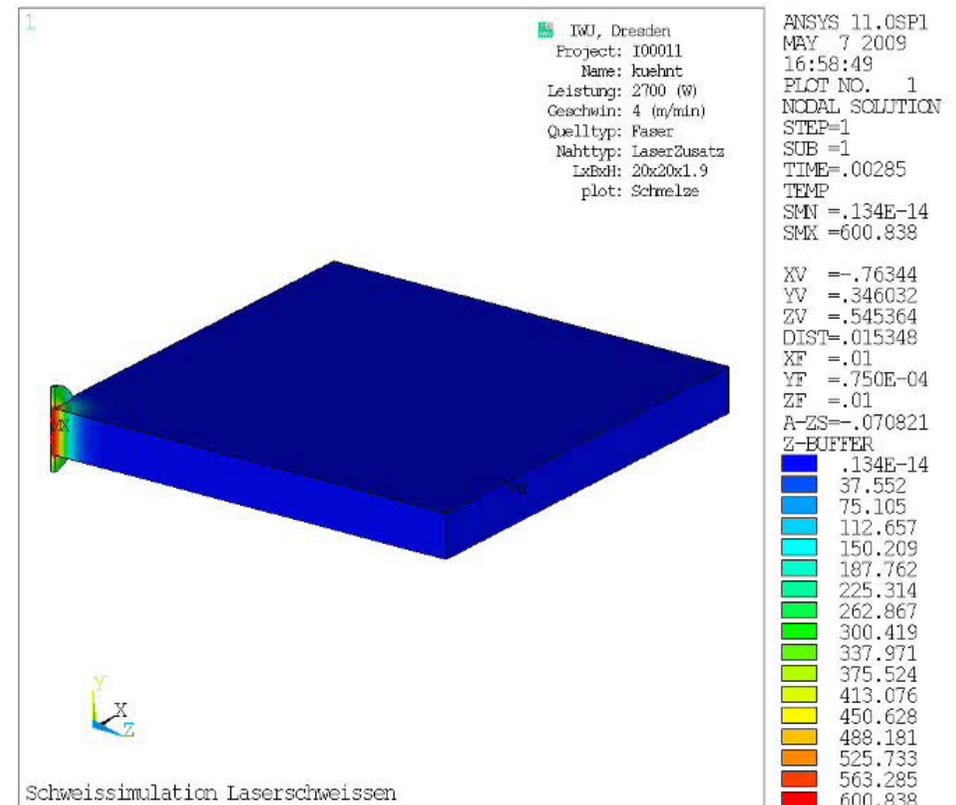
Dr. Riedel

26

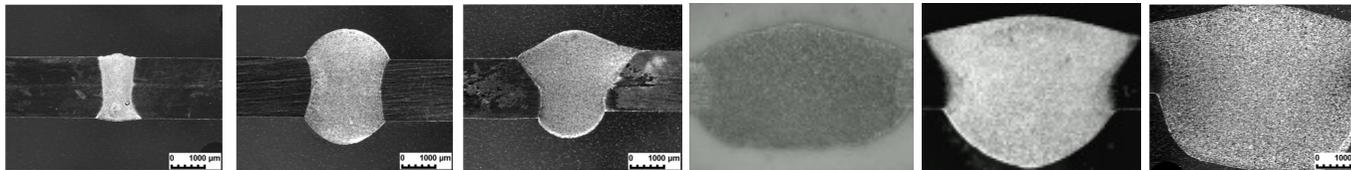
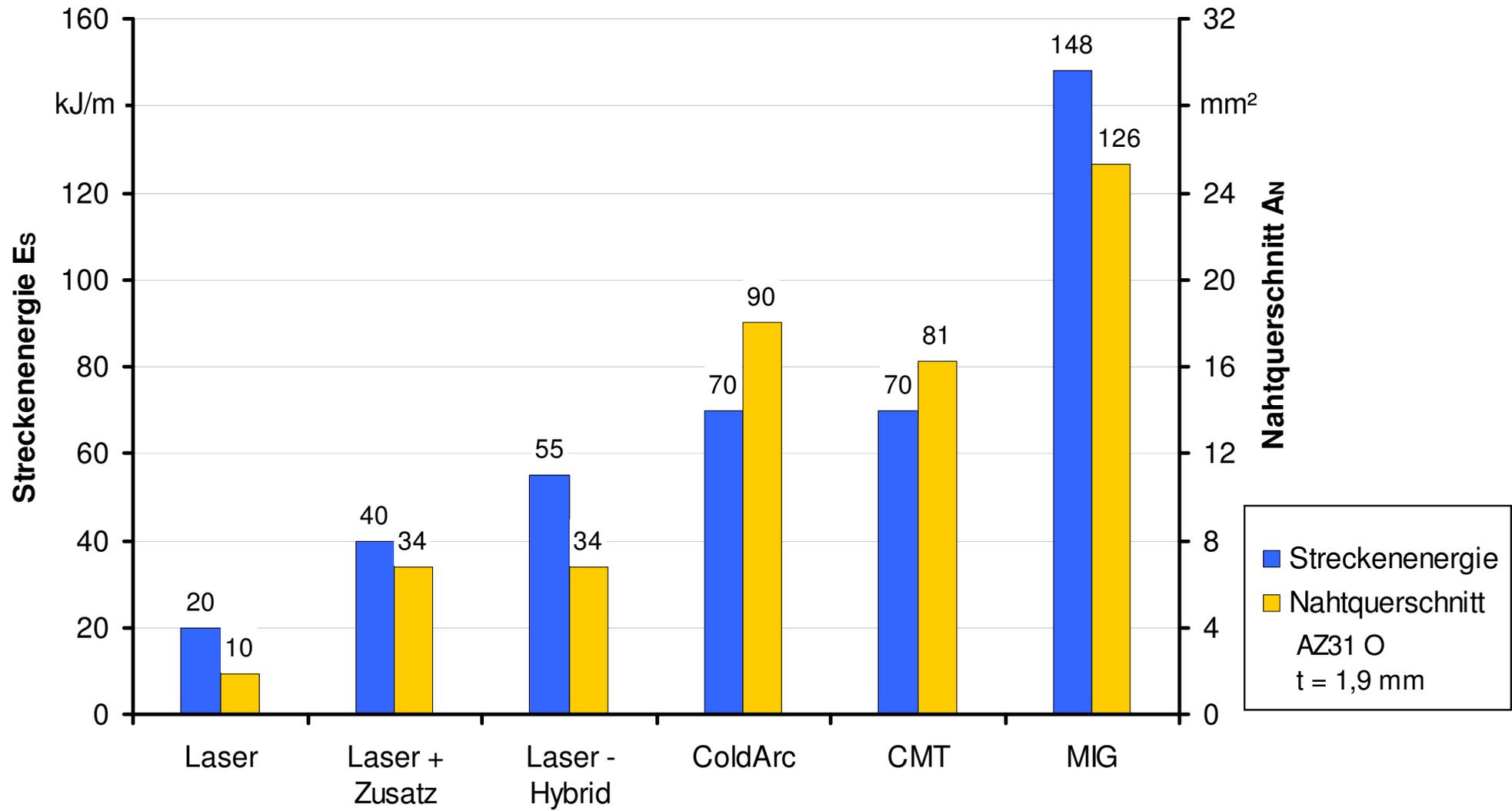
Laserstrahlschweißen mit Zusatzwerkstoff

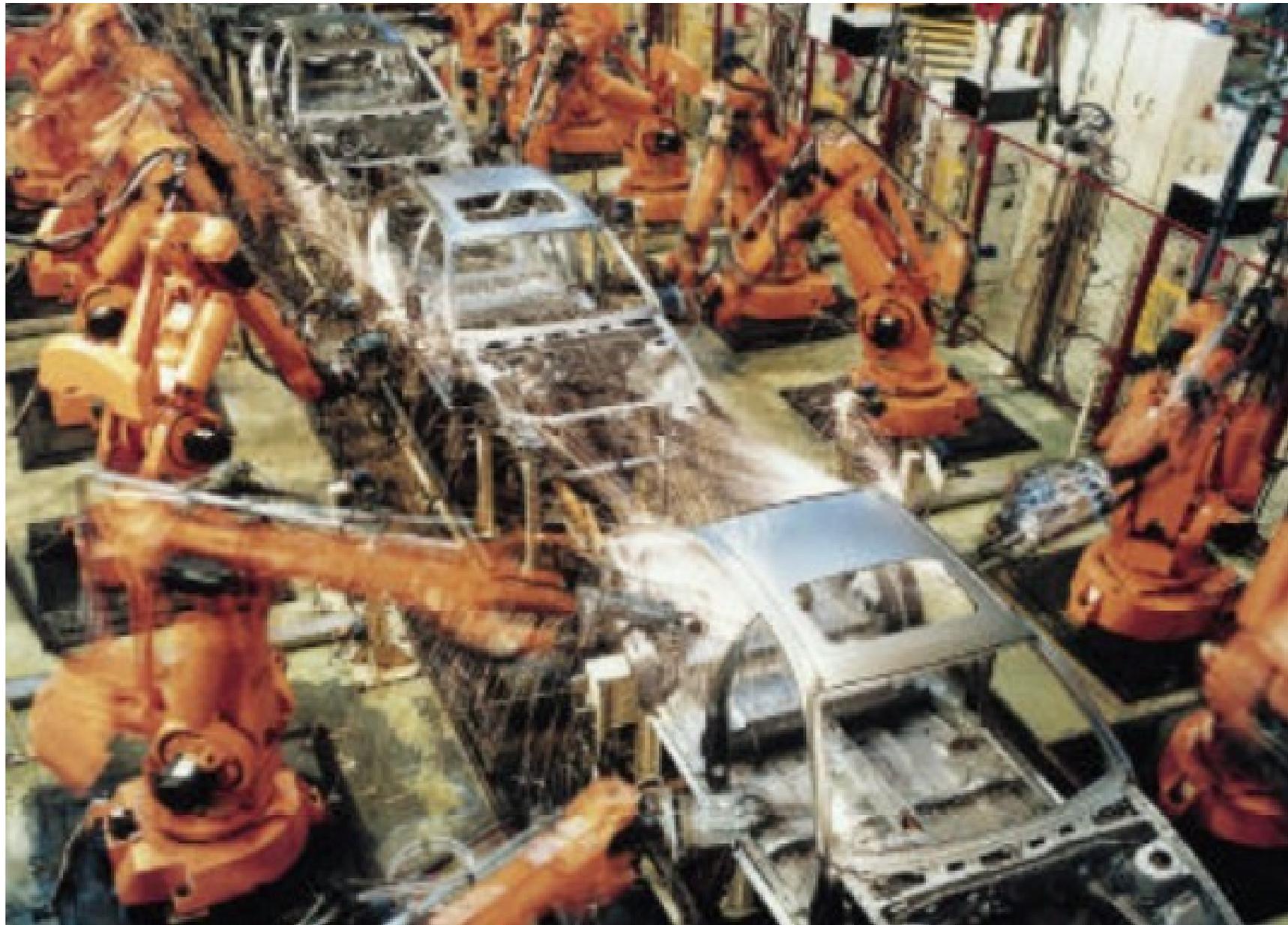


Temperaturanalyse mittels Thermografie



Schweißsimulation

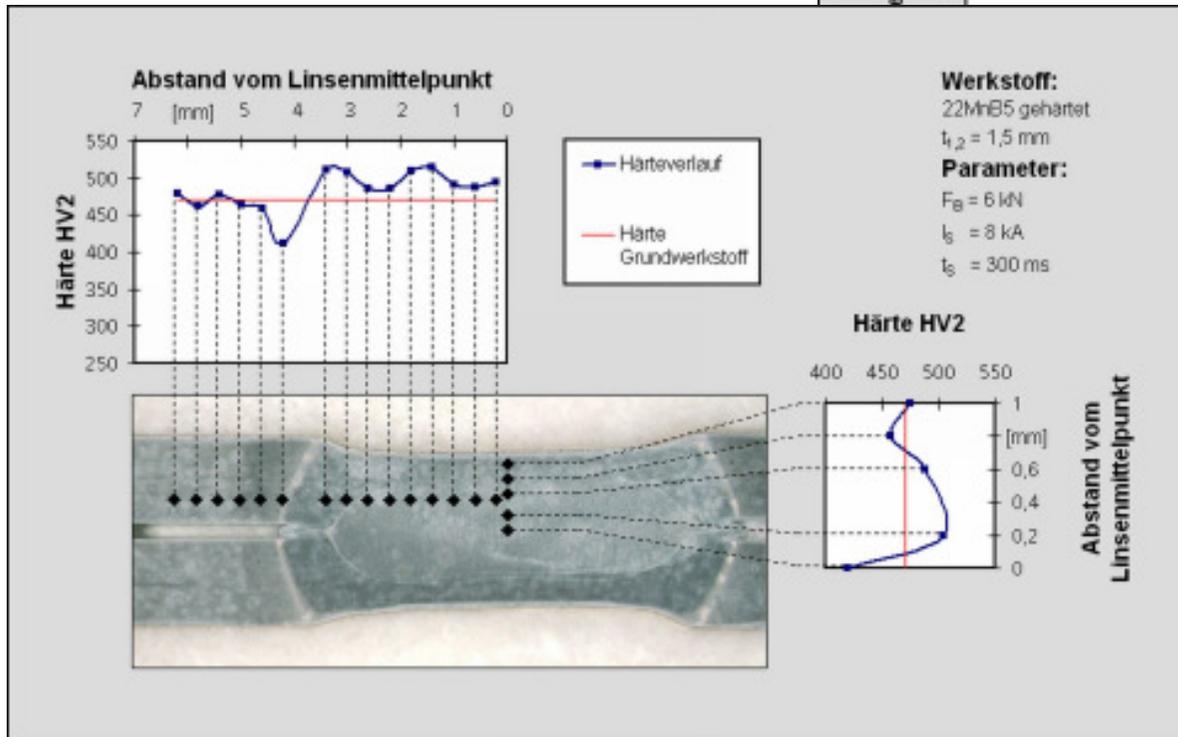
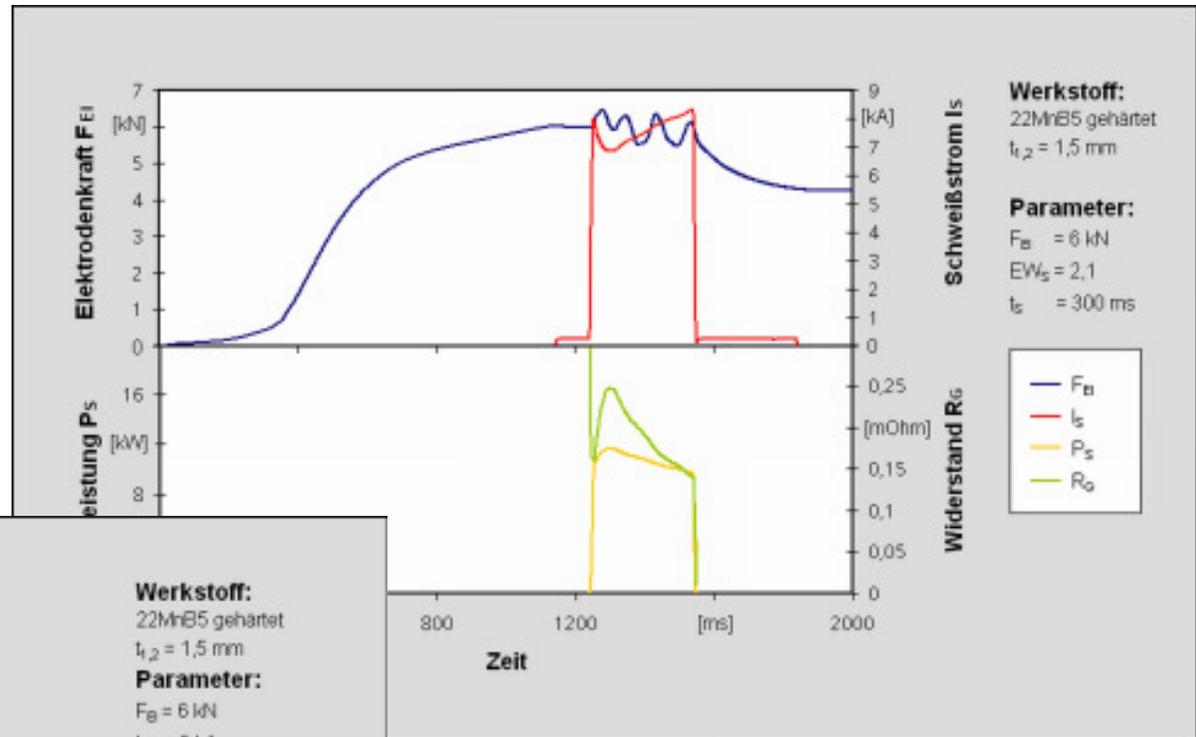




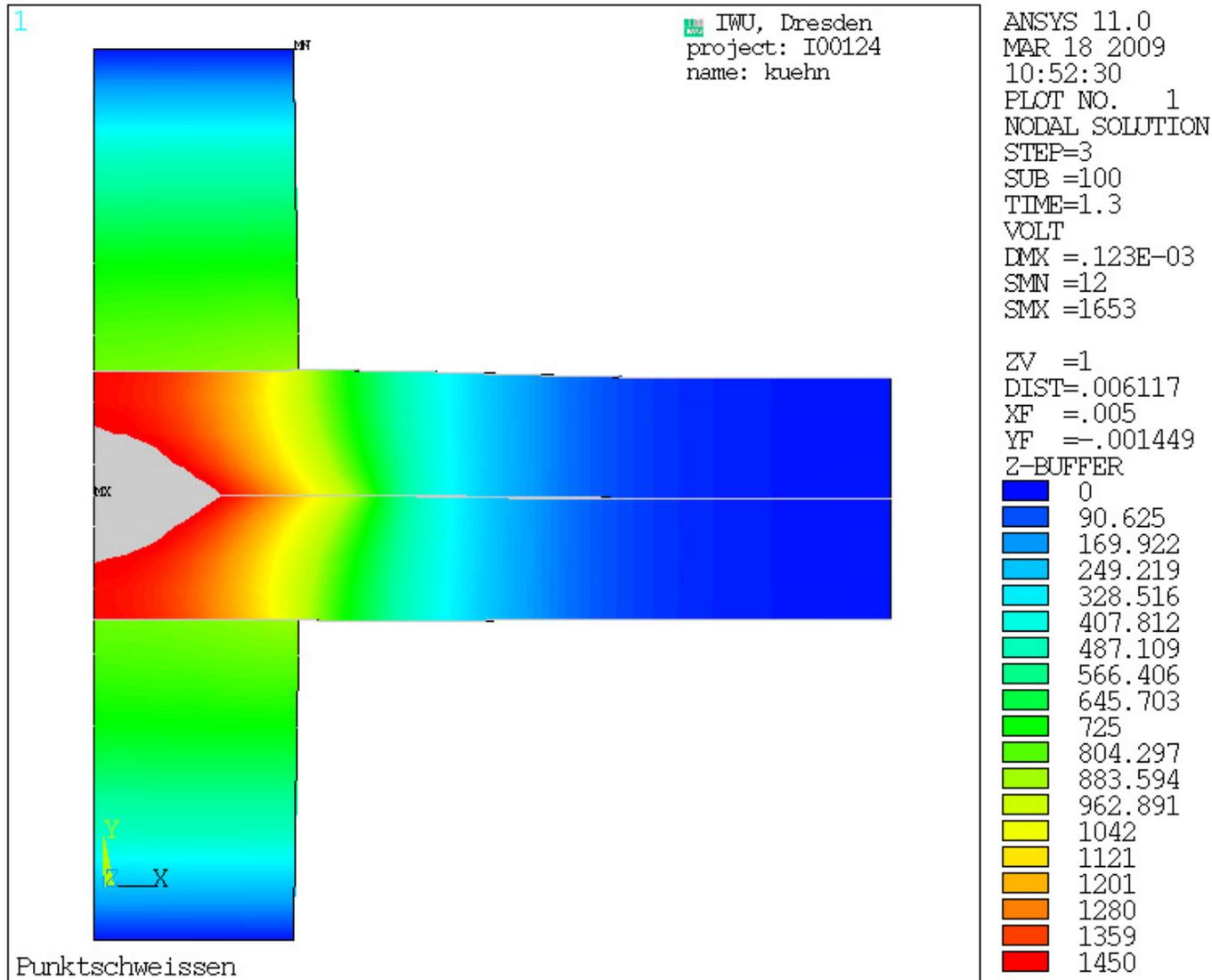
Dr. Riedel

29

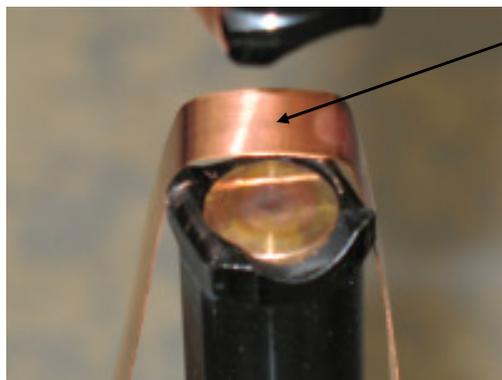
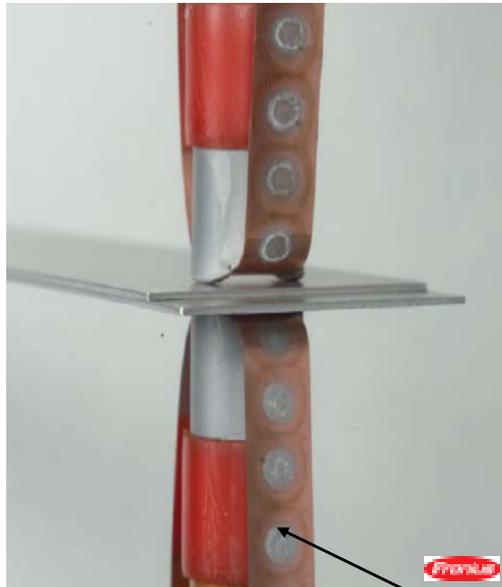
Prozessführung mit Kraft- und Leistungsregelung



Simulationsmodell für die Temperaturfeldberechnung



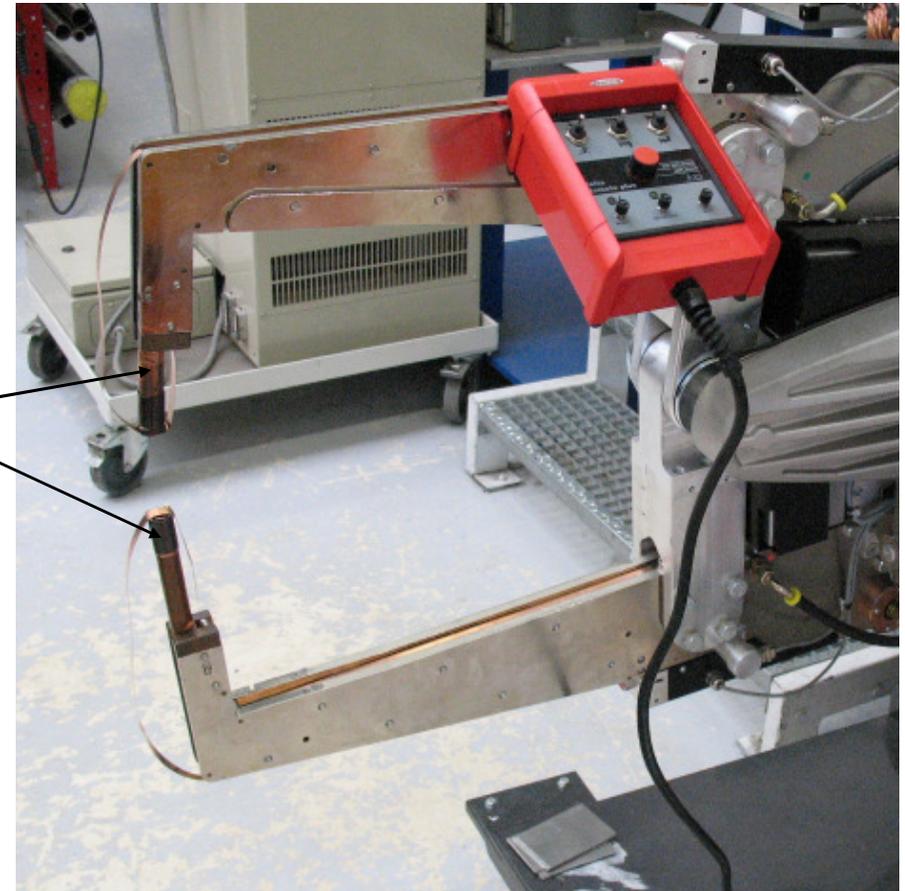
DeltaSpot-Schweißen

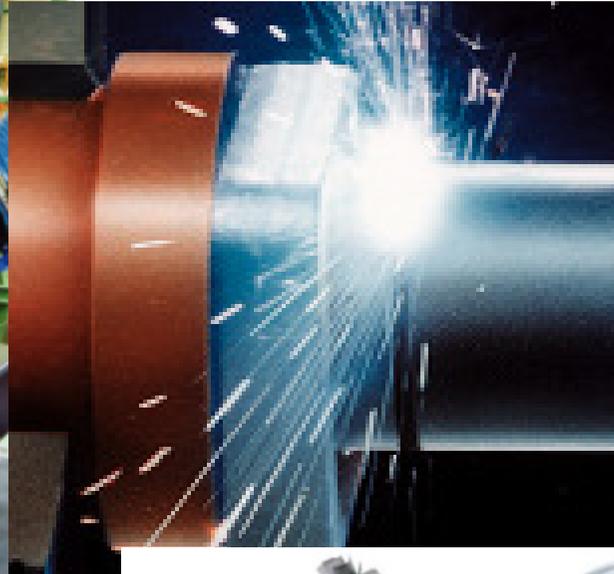
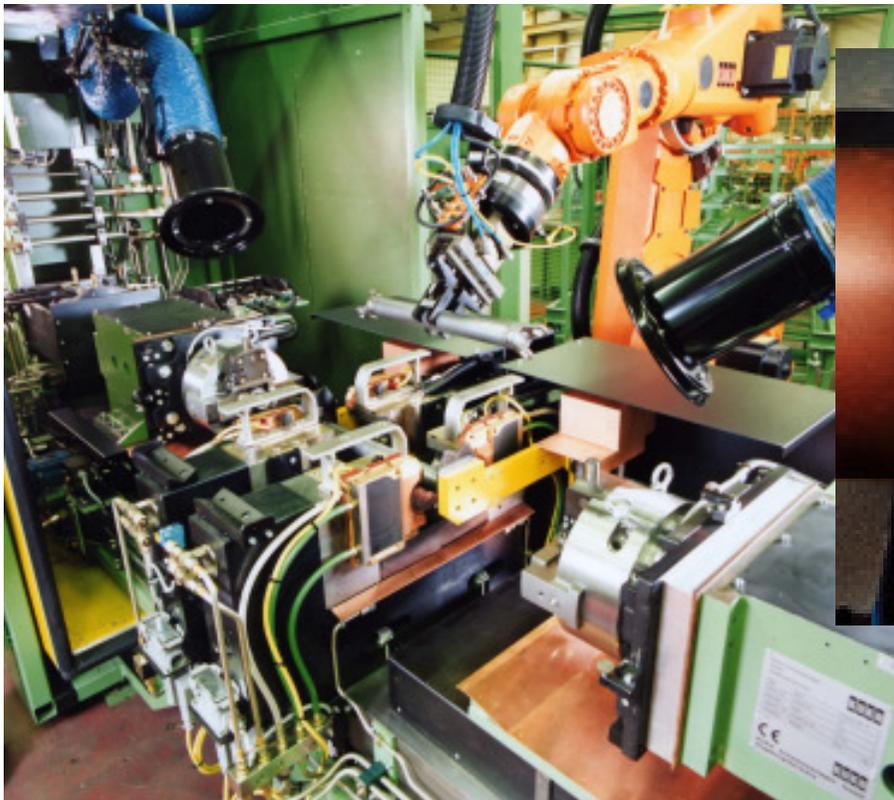


Elektroden

Prozessband

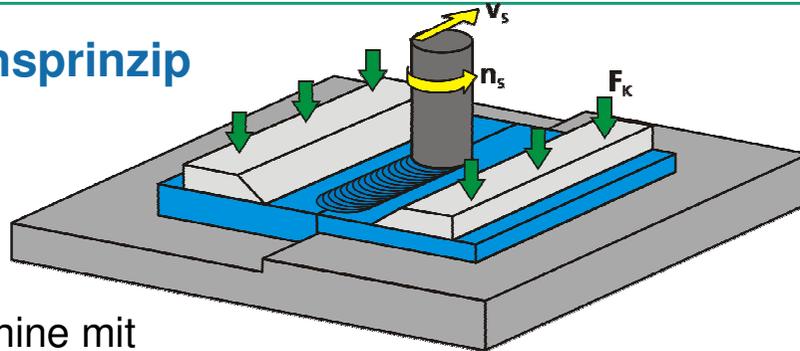
Schweißzange



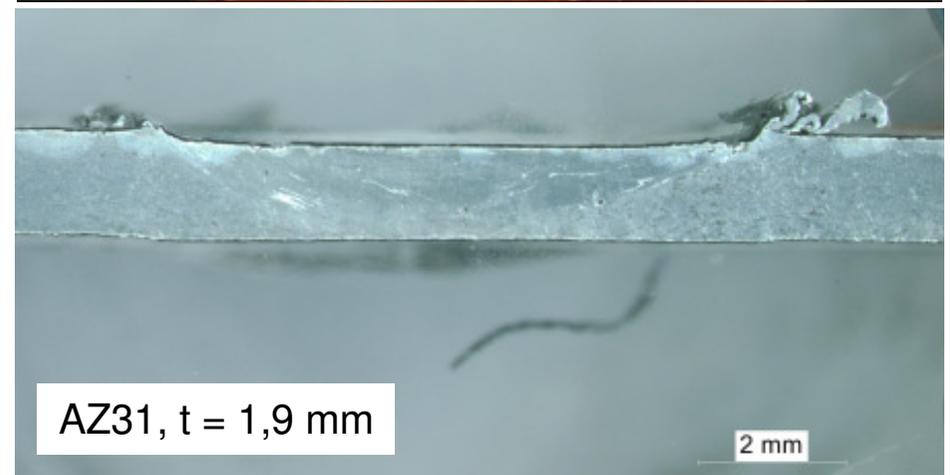
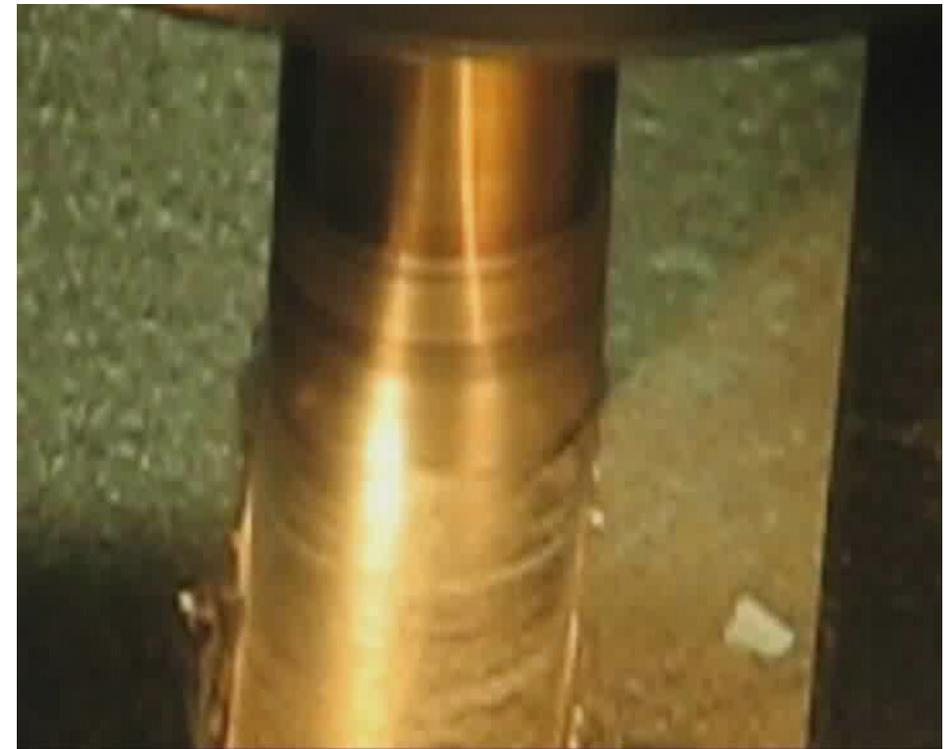
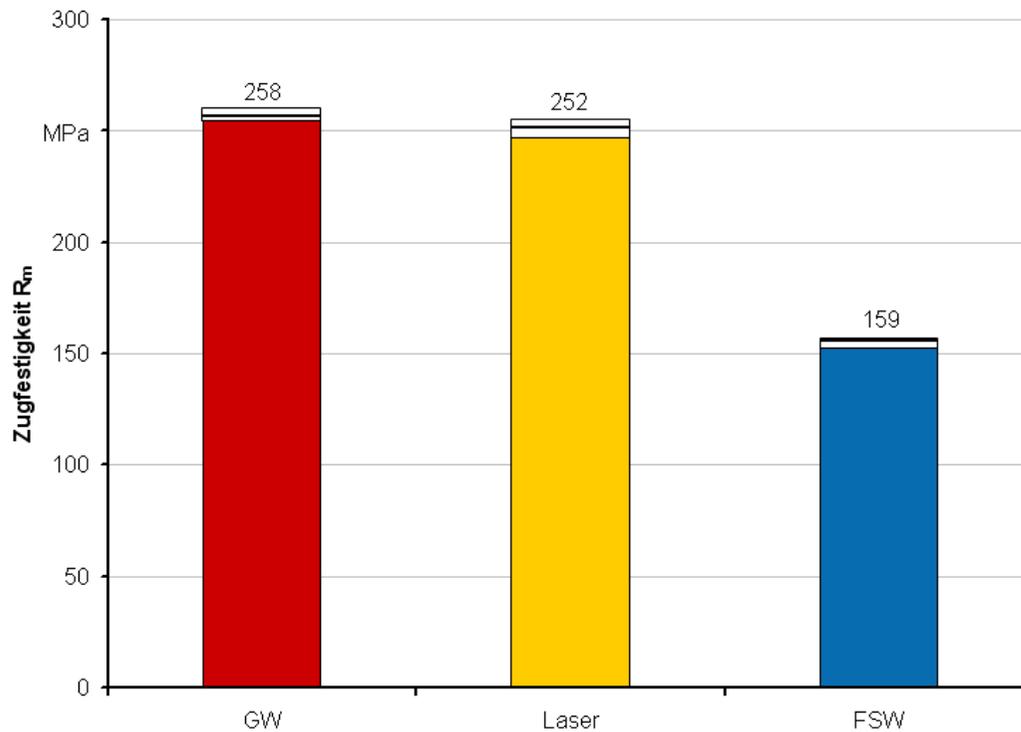


Quelle: Kuka Schweissanlagen GmbH

Verfahrensprinzip



Fräsmaschine mit waagerechter Spindel (Heckert CWK 630)
 n_s : 2100 U/min; α : 1 °; v_s : 0,1 m/min



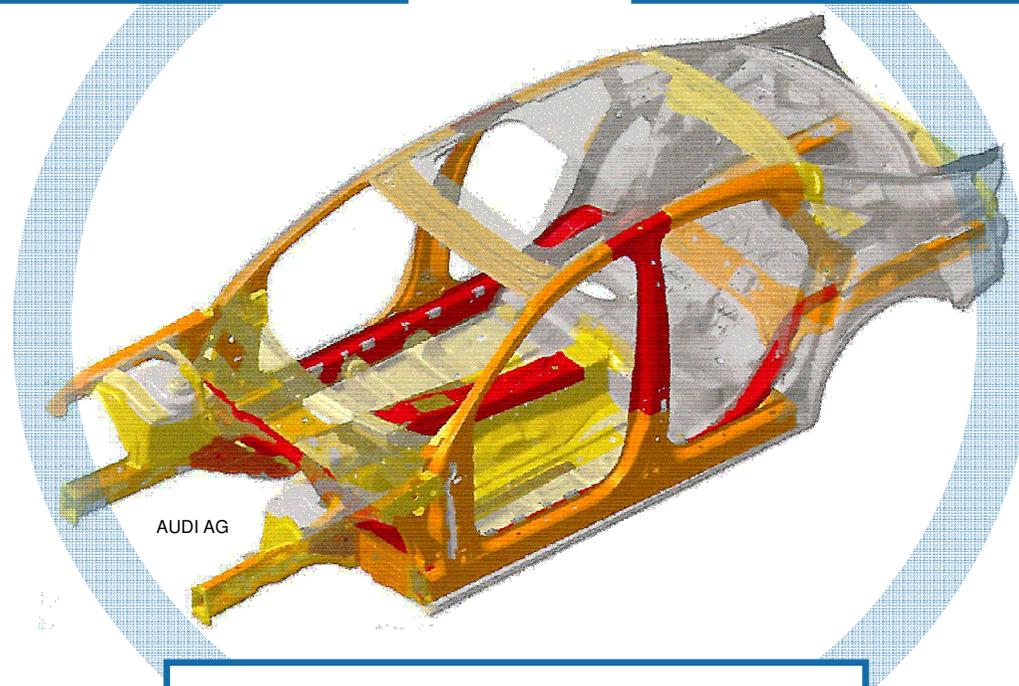
Dr. Friedel

Stoffleichtbau

- höchstfeste Stähle
- Leichtmetalle
- faserverstärkte Kunststoffe

Strukturleichtbau

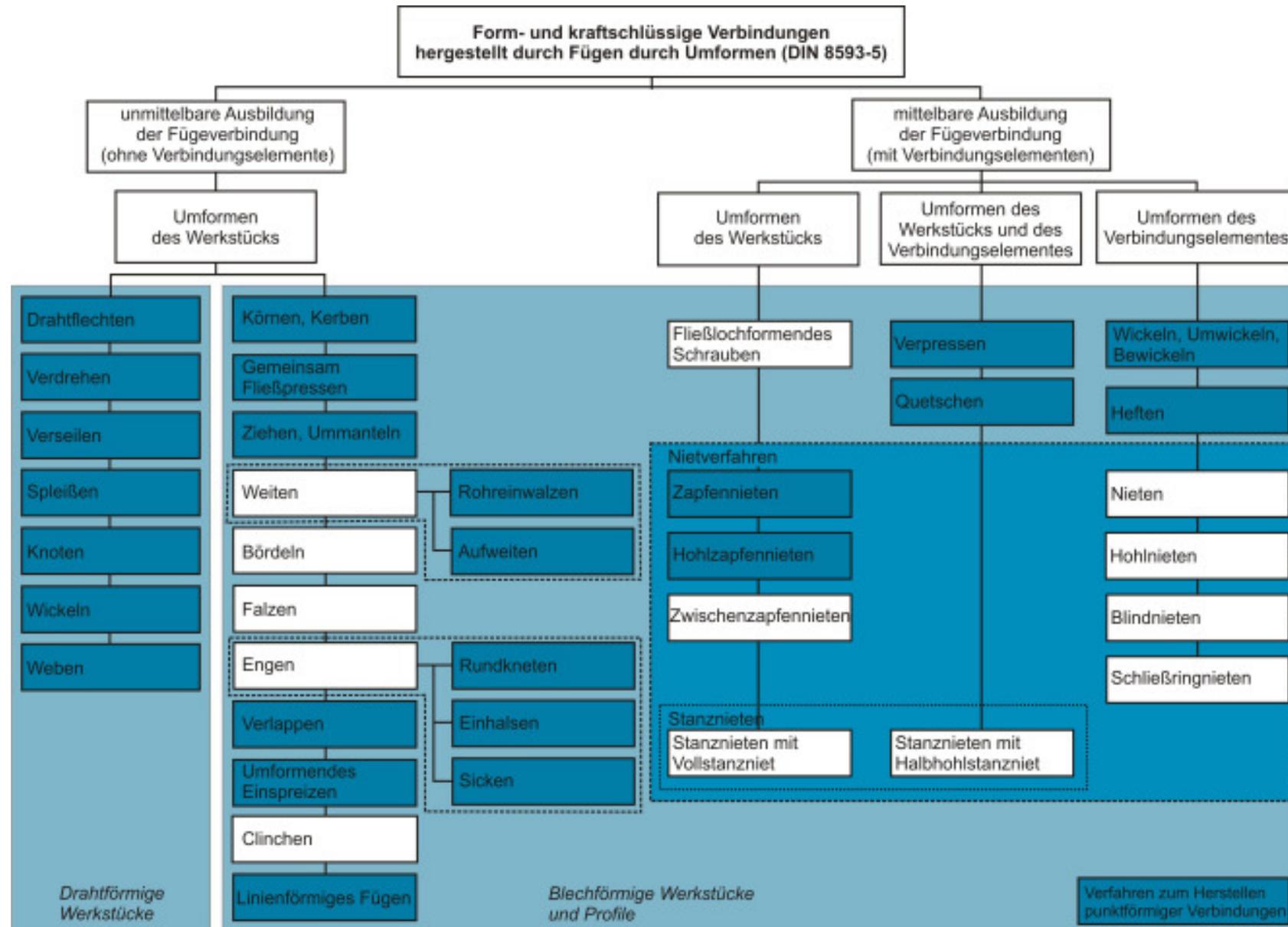
- tailored Blanks/Tubes
- strukturierte Bleche
- Patchwork-Bauteile



Konzeptleichtbau

- funktionsoptimierte Konzepte

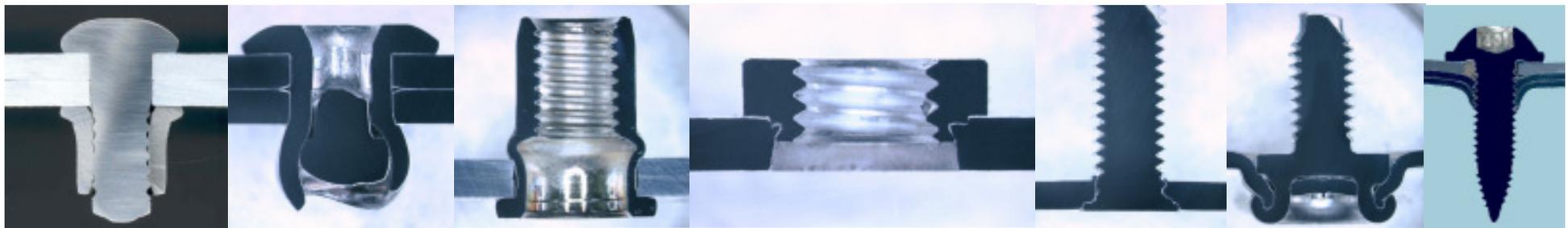
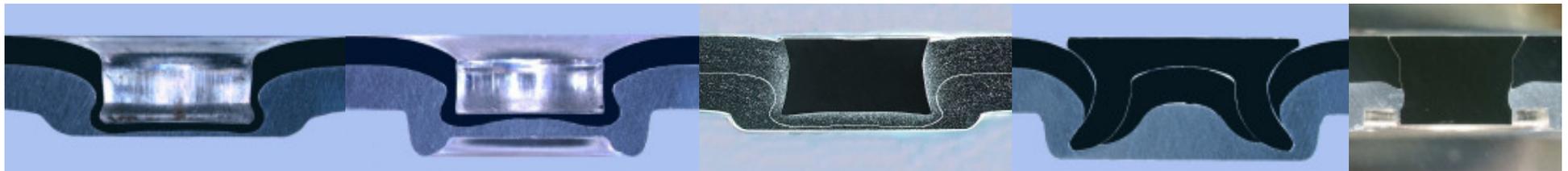
4 Fügen durch Umformen



Dr. Riedel

36

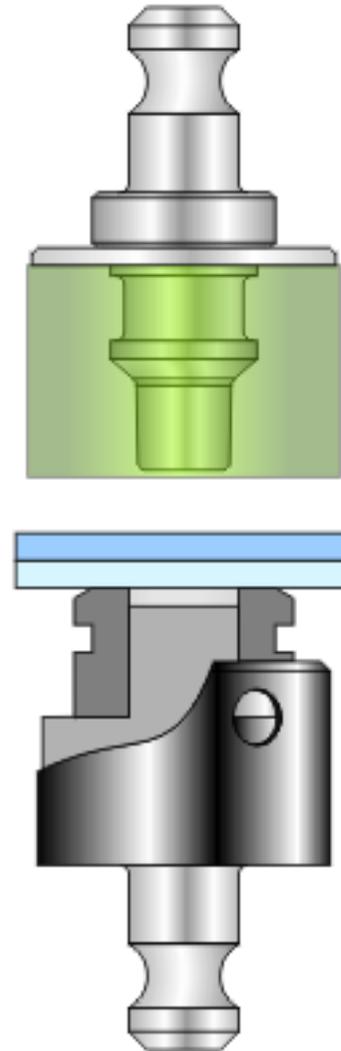
Neu- und Weiterentwicklungen





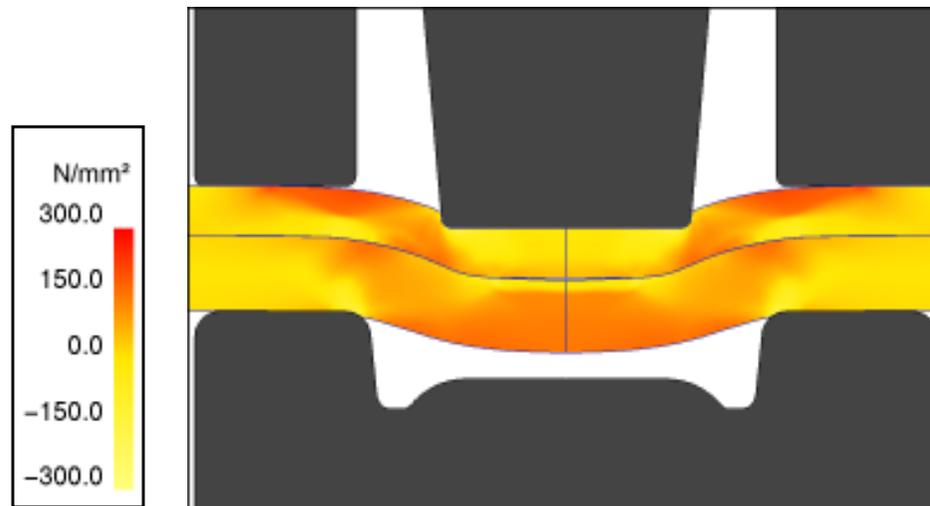
TOX[®] - Clinchen

RIVCLINCH[®]



Problemschwerpunkte beim konventionellen Clinchen von Magnesiumwerkstoffen

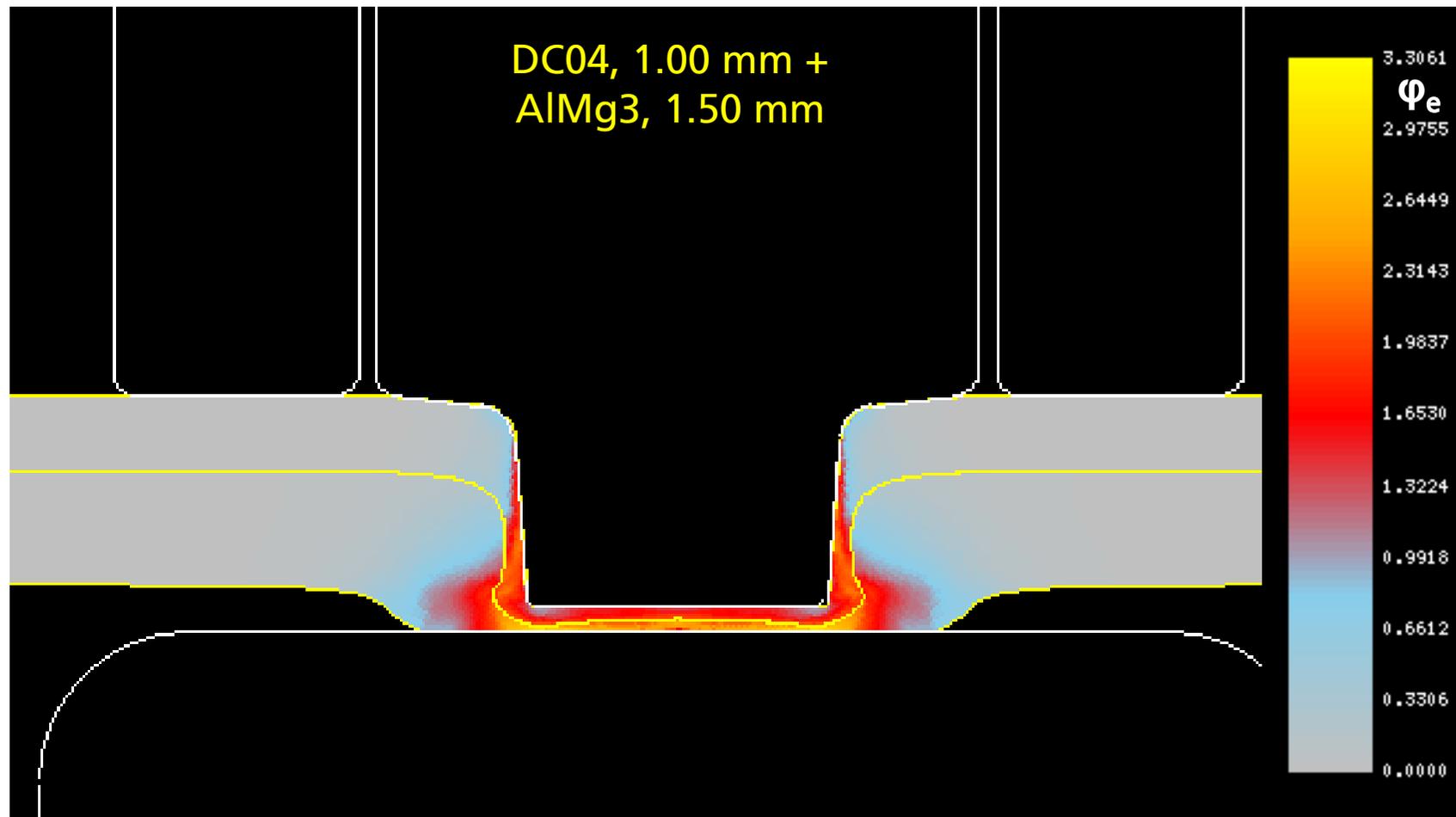
- **Zugbeanspruchung** im Werkstoff bei konturiertem Gegenwerkzeug **fördert Rissbildung** im Magnesium



Maximale Hauptspannungen (FEM-Simulation) im Fügebereich beim TOX-Clinchen

- **Umformvermögen** von Magnesium **bei RT gering**
→ ab ca. 220 °C signifikante Verbesserung des Umformvermögens, schnelle Erwärmung der Fügestellen erforderlich

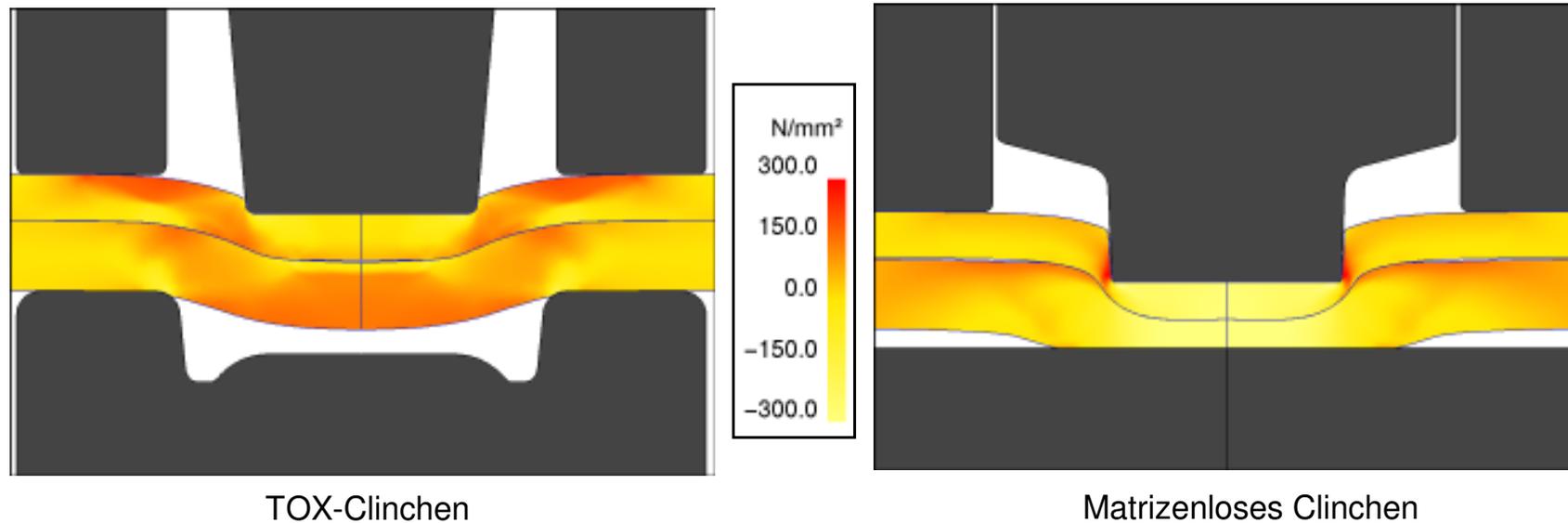
Prinzip des matrizenlosen Clinchens



Vergleich der Spannungen beim Fügen mittels verschiedener Verfahren

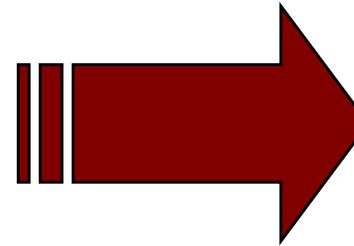
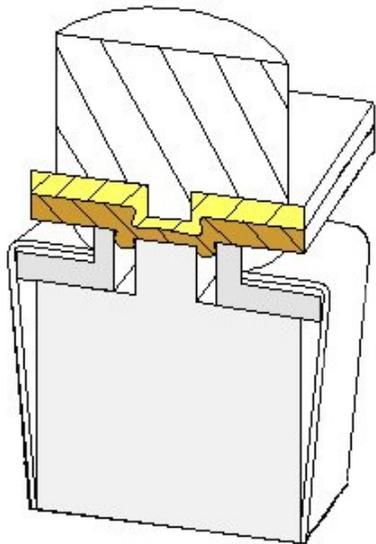
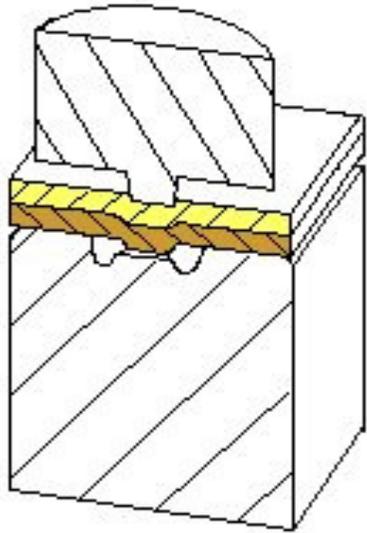
Günstiger Beanspruchungszustand im ambosseitigen Bauteil...

→ ... da beim Fügeprozess der Druckspannungsanteil überwiegt

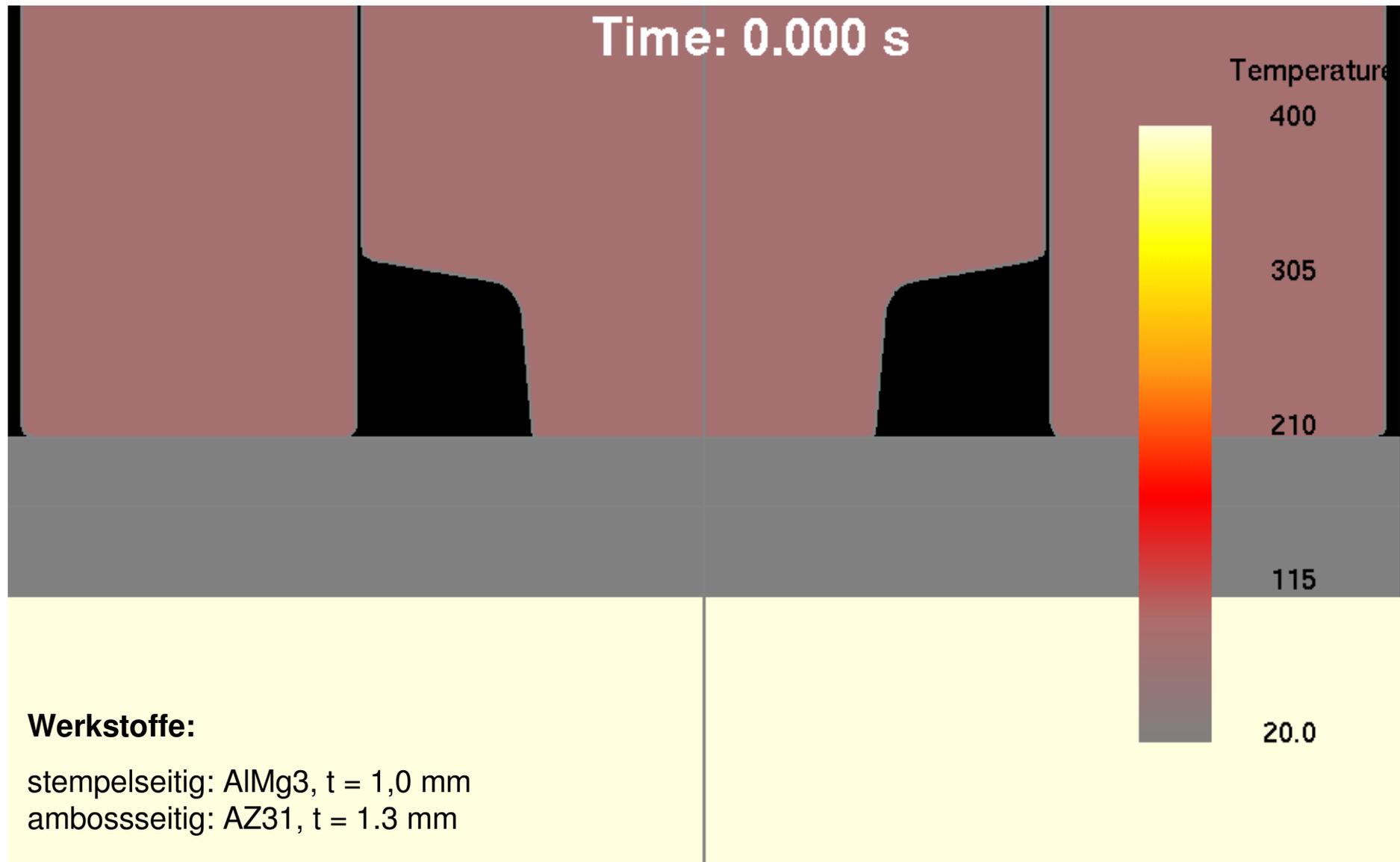


Maximale Hauptspannungen (FEM-Simulation) im Fügebereich

Ersatz konventioneller Clinchmatrizen durch einen ebenen Amboss



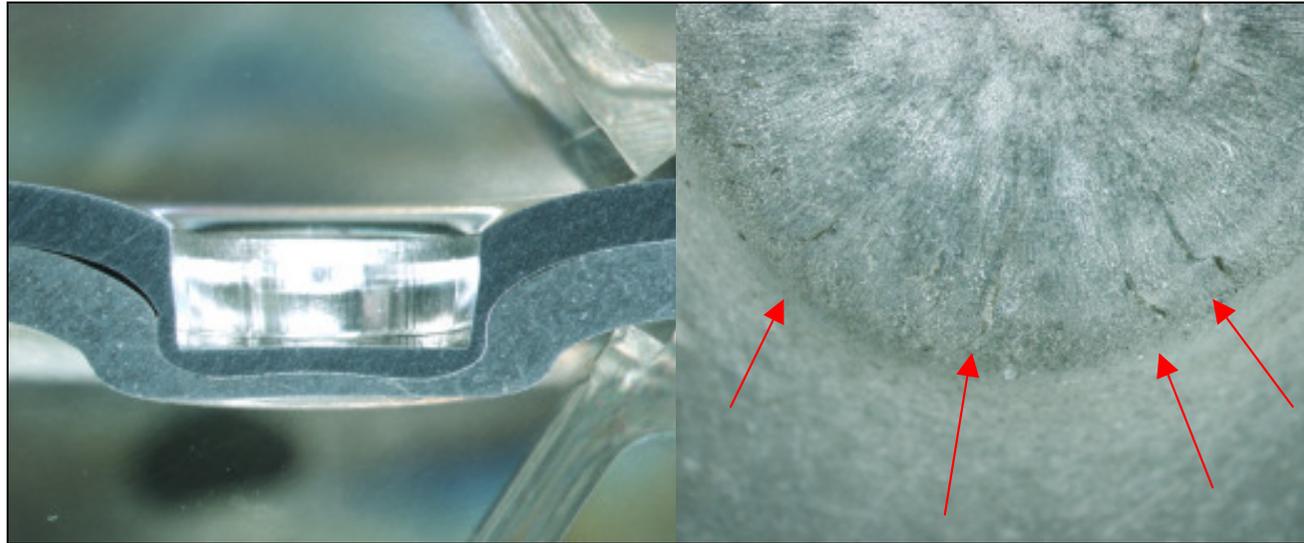
Wärmeleitung in den Fugebereich beim matrizenlosem Clinchen



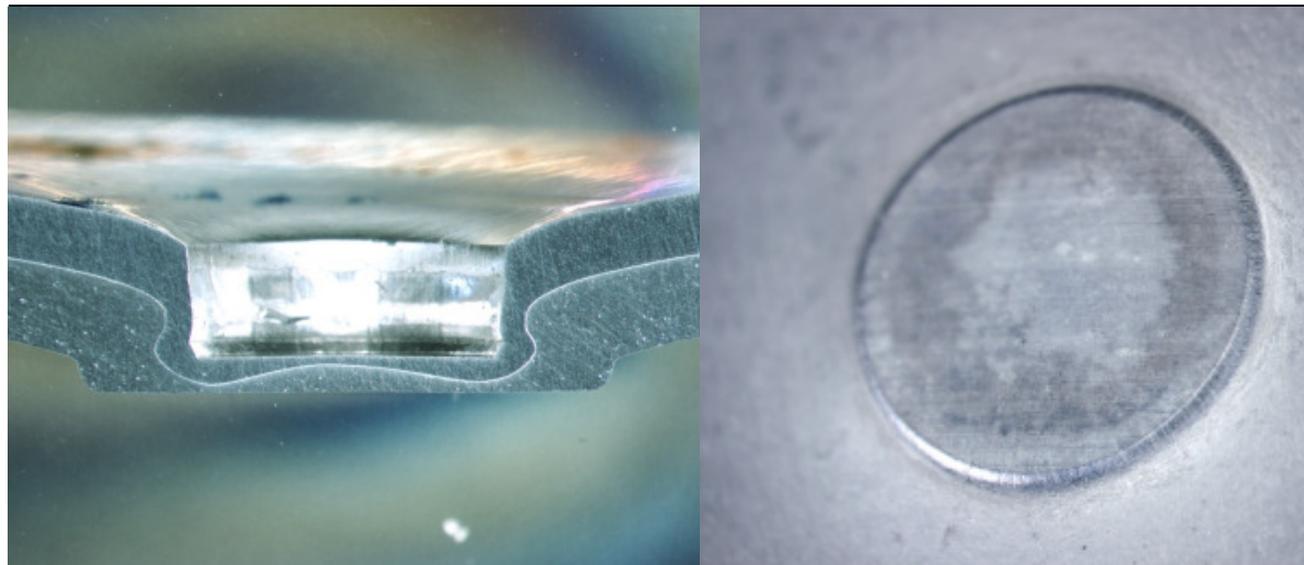
Dr. Riedel

43

Matrizenloses Clinchen von Magnesium



◀ Fügen ohne Erwärmung

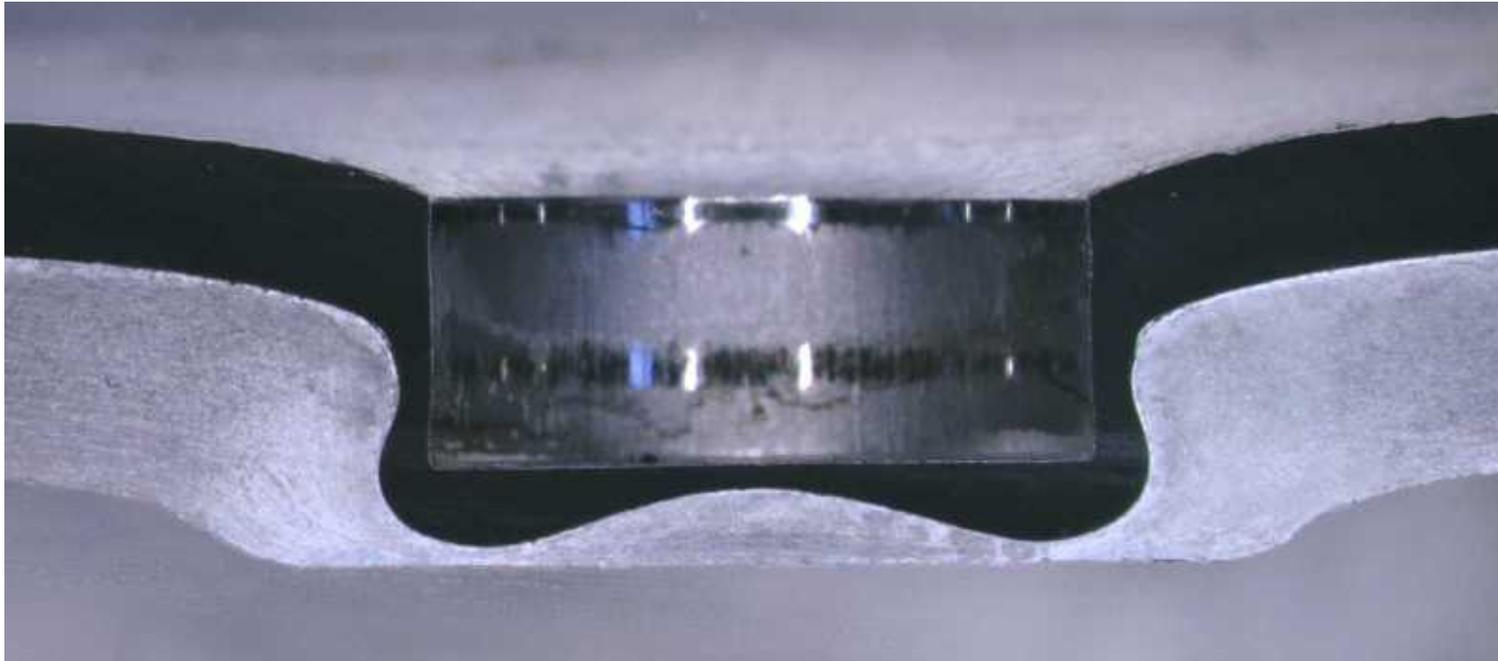


◀ Fügen mit beheiztem Amboss

Werkstoffe:

stempelseitig: AlMg3, t = 1,0 mm
ambosseiteig: AZ31, t = 1,3 mm

Matrizenloses Clinchen von Magnesiumfeinblechmischverbindungen

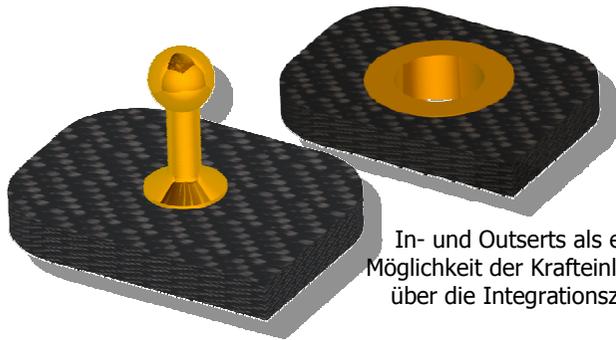


H340-Blech
 $t = 1,2 \text{ mm}$

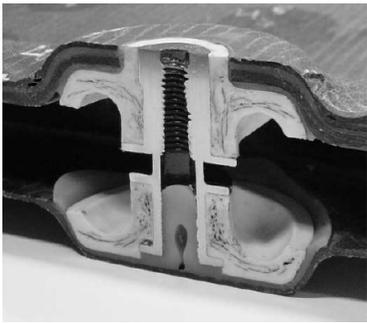
AZ91-Druckguss
 $t = 1,9 \text{ mm}$

Matrizenlose Clinchverbindung ($d_s = 6 \text{ mm}$)

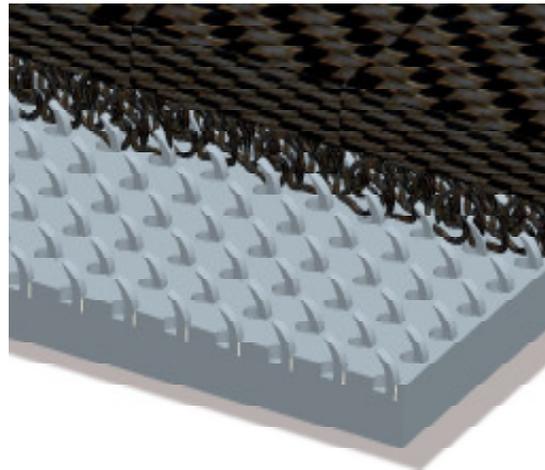
→ Verbindung ist ohne Haltezeit zur Erwärmung der Bauteile ffügbar



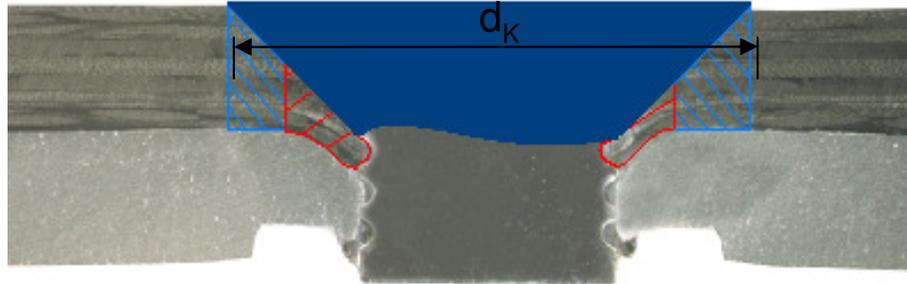
In- und Outserts als eine Möglichkeit der Krafteinleitung über die Integrationszone



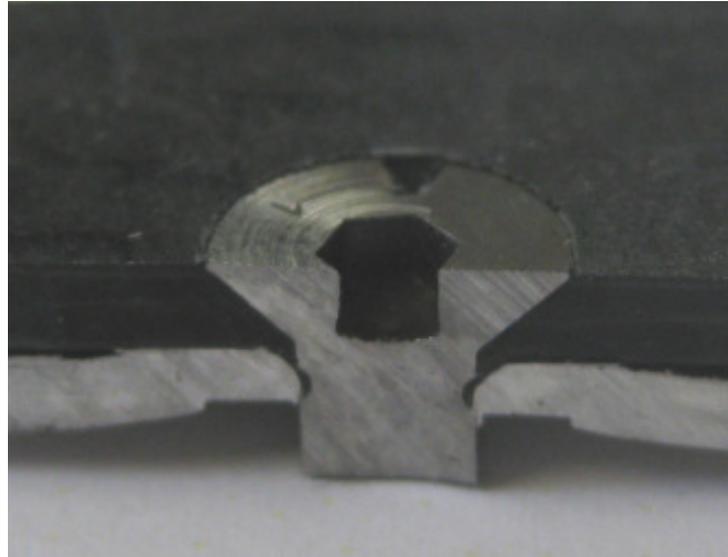
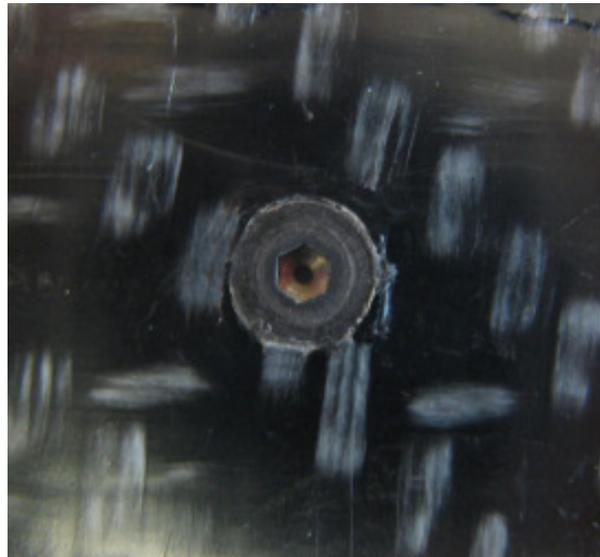
Gestaltung der Integrationszone durch legen der Fasern in den Hauptkraftlinien



Stanzniet mit erhöhtem Formschlussanteil

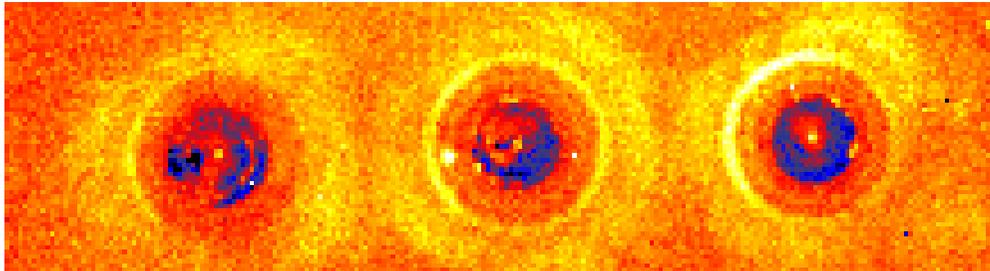


robotergeführte
Fügezange



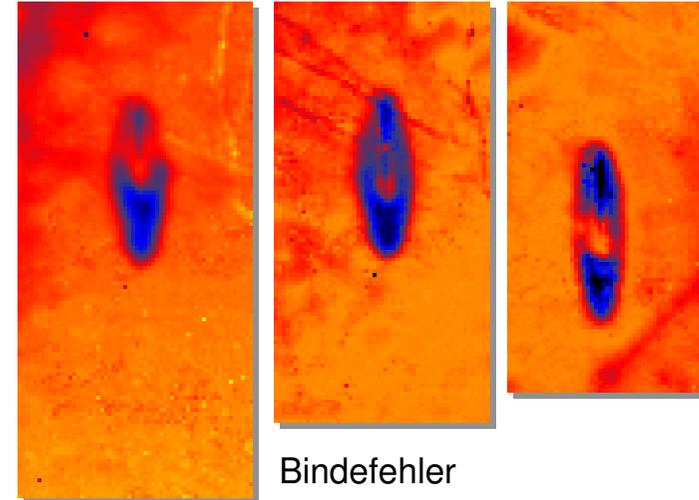
Aluminium - CFK - Verbindung

Impulsthermografie zur Bestimmung von Imperfektionen in Schweißnähten



Bindefehler in Plasmaschweißpunkten

- Blitzlichtimpulsanregung (frontal)
- Aufnahme des zeitlichen Temperaturverlaufes
- Frequenzanalyse, Phasenauswertung
- Selektion des Maximum Kontrast Bereiches (Bereich zwischen den Blechen)
- Bestimmung der „wahren“ Fehlergrößen, Fehlertiefen und Fehlerart ist möglich

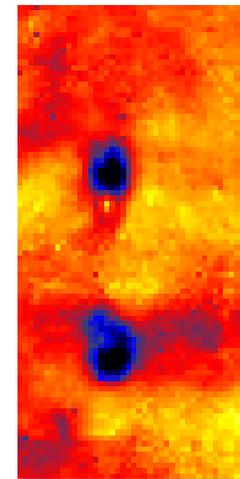


Bindefehler

und

Poren

in Laserschweißnähten



**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!**