
NEUE ENTWICKLUNGEN BEIM MECHANISCHEN FÜGEN VON ALUMINIUM

Fred Jesche, Christian Kraus, Mathias Jäckel, Thomas Grimm, Raik Grützner
Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik

Lieferanten-Innovationstag Aluminium
Kirchhoff Automotive
Attendorn, 04. Apr. 2019

Inhalt

- Mechanisches Fügen am Fraunhofer IWU
- Stanzstauchnieten
- Stechniet – Fügen in Profile
- Thermisch unterstütztes Fügen
- Thermoplast-Verbund-Metall Hohlstruktur



Das Fraunhofer IWU Forschungsstandorte



Chemnitz



Dresden



Zittau



Wolfsburg



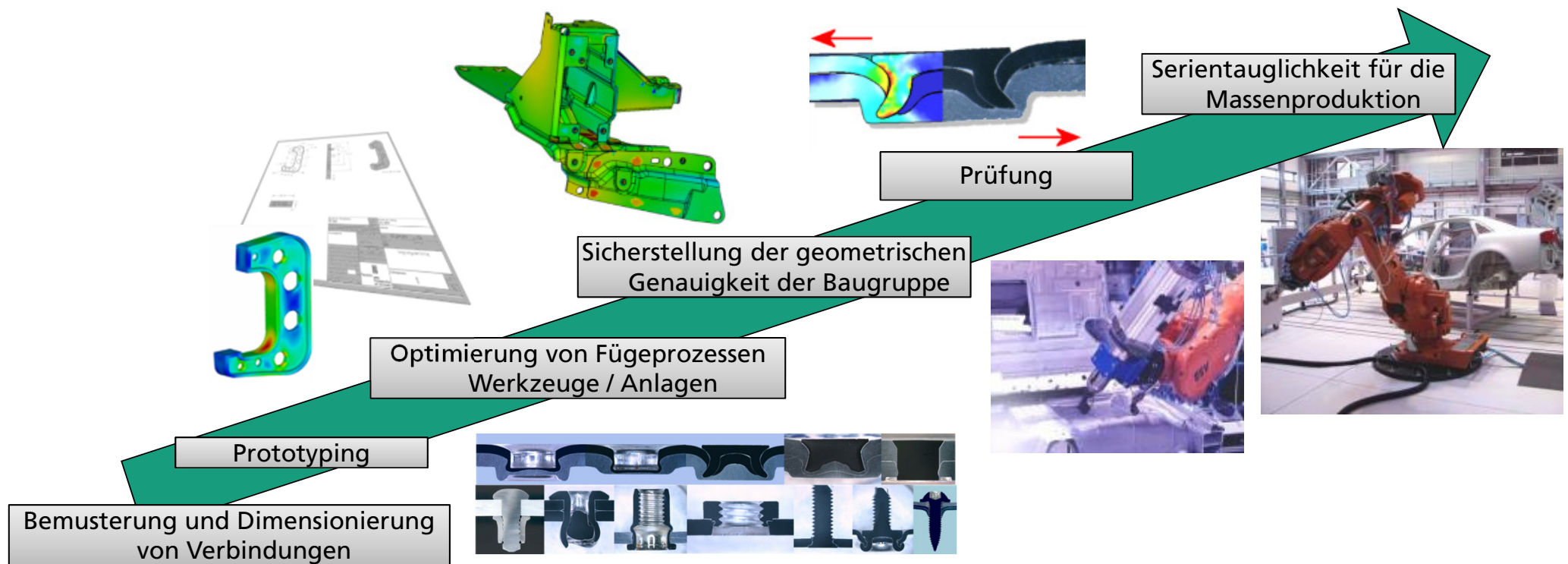
IWU Standorte



- 72 Institute und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland

Das Fraunhofer IWU – Mechanisches Fügen

Bearbeitung von der Aufgabenstellung bis zur Serientauglichkeit

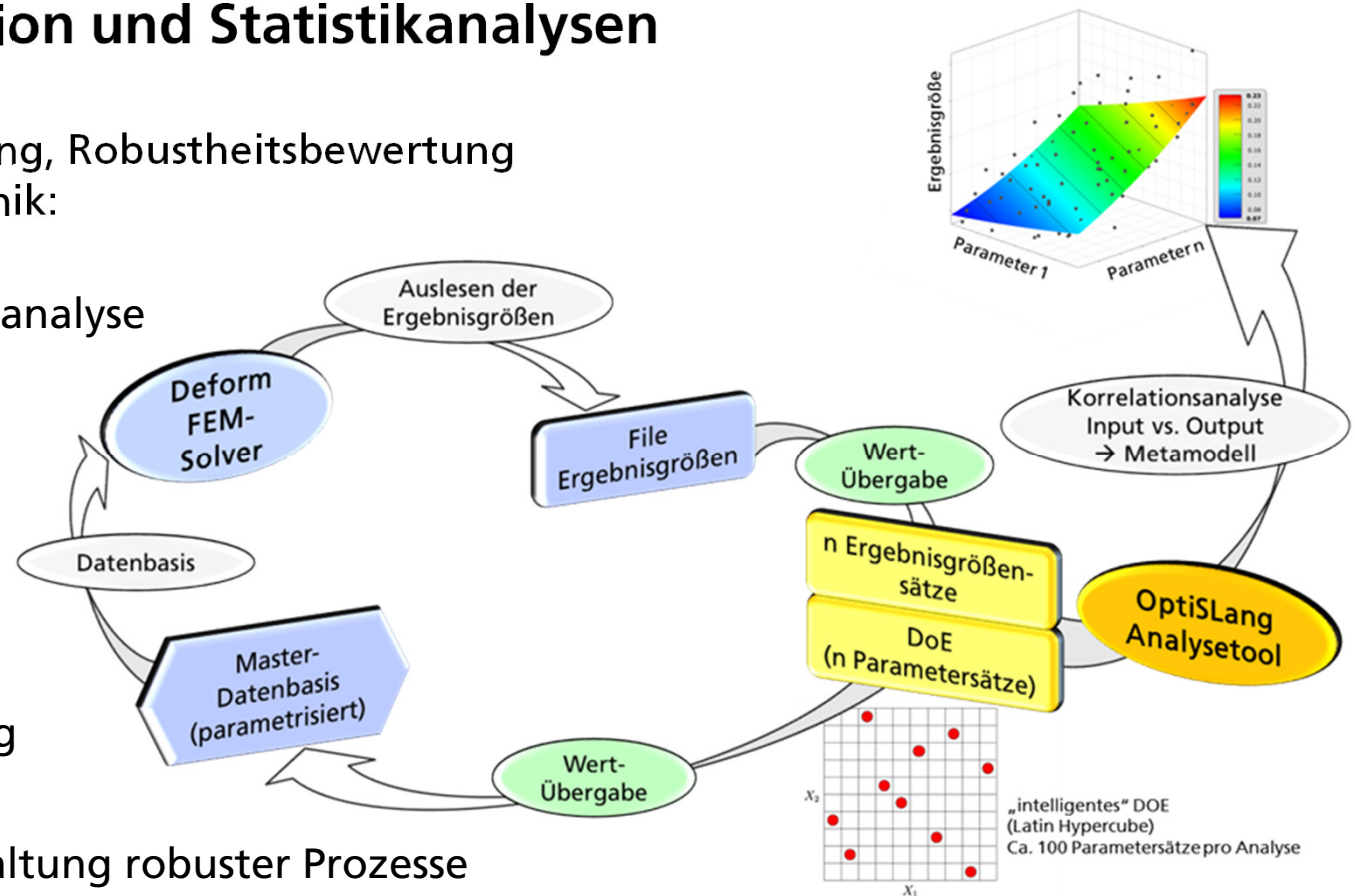


Das Fraunhofer IWU – Mechanisches Fügen

Kopplung von FE-Simulation und Statistikanalysen

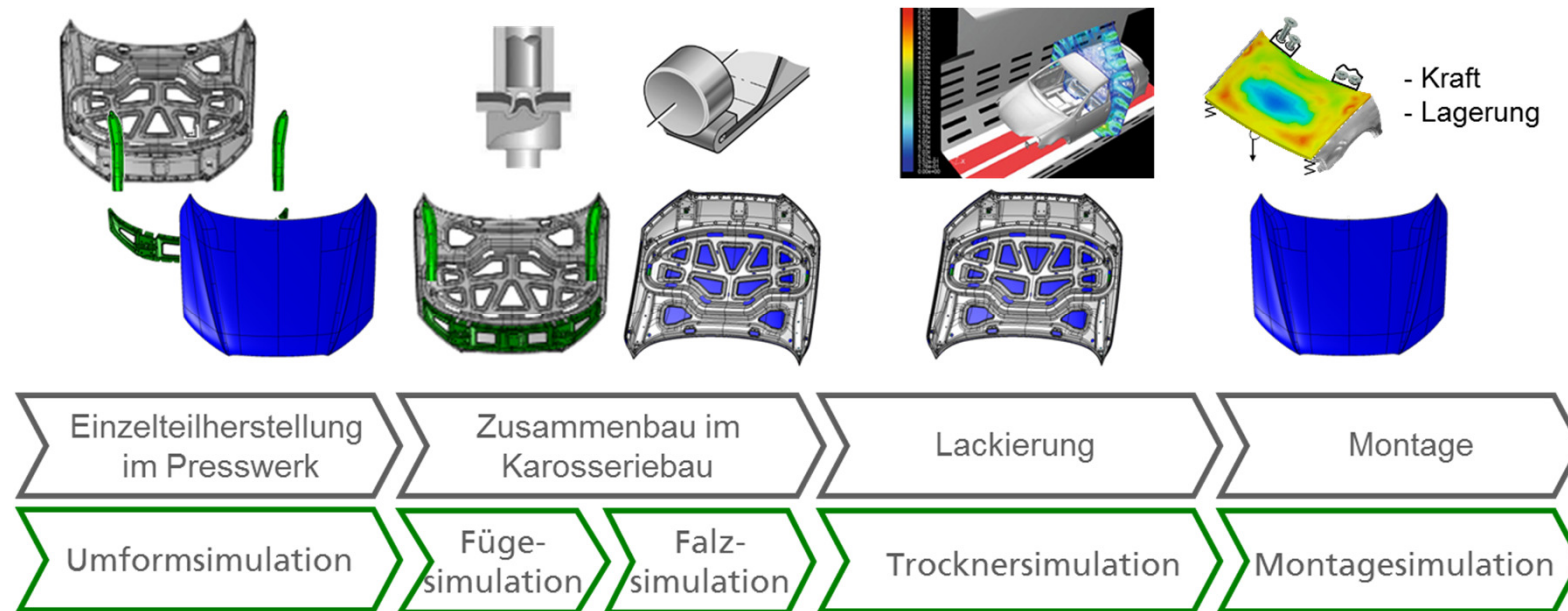
■ Sensitivitätsanalyse, Optimierung, Robustheitsbewertung in der mechanischen Fügetechnik:

- Sensitivitäten in der Prozessanalyse
- Verfahrensoptimierung
- Werkzeugoptimierung
- Fügeteileoptimierung
- Parameteridentifikation
- Mehrkriterielle Optimierung
- Prozesskettenanalyse, Gestaltung robuster Prozesse



Das Fraunhofer IWU – Mechanisches Fügen

Virtuelle Prozesskette Karosseriebau

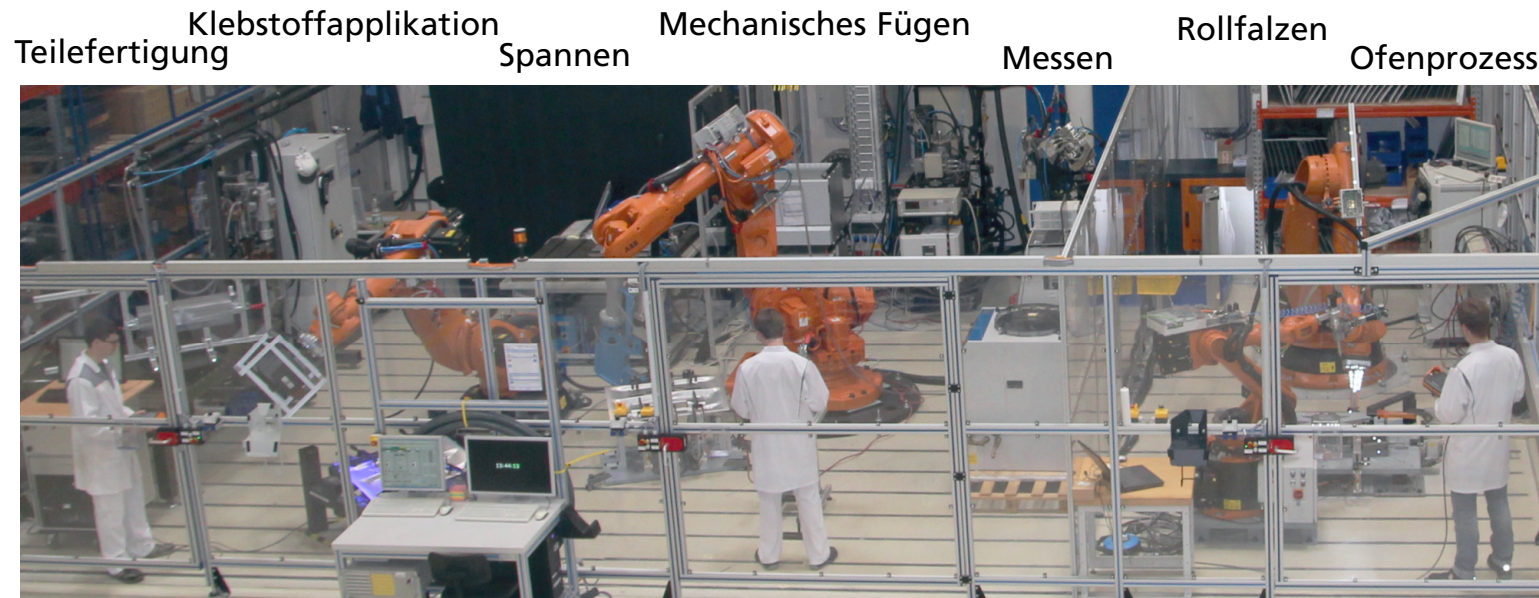


- Jeder Prozessschritt beeinflusst die Form- und Maßhaltigkeit von Baugruppen
- Digitale Modelle der Prozesse gestatten die Steuerung über die Prozesskette
- Digitale Modelle unterstützen die Planung effizienter, robuster Prozesse

Das Fraunhofer IWU – Mechanisches Fügen

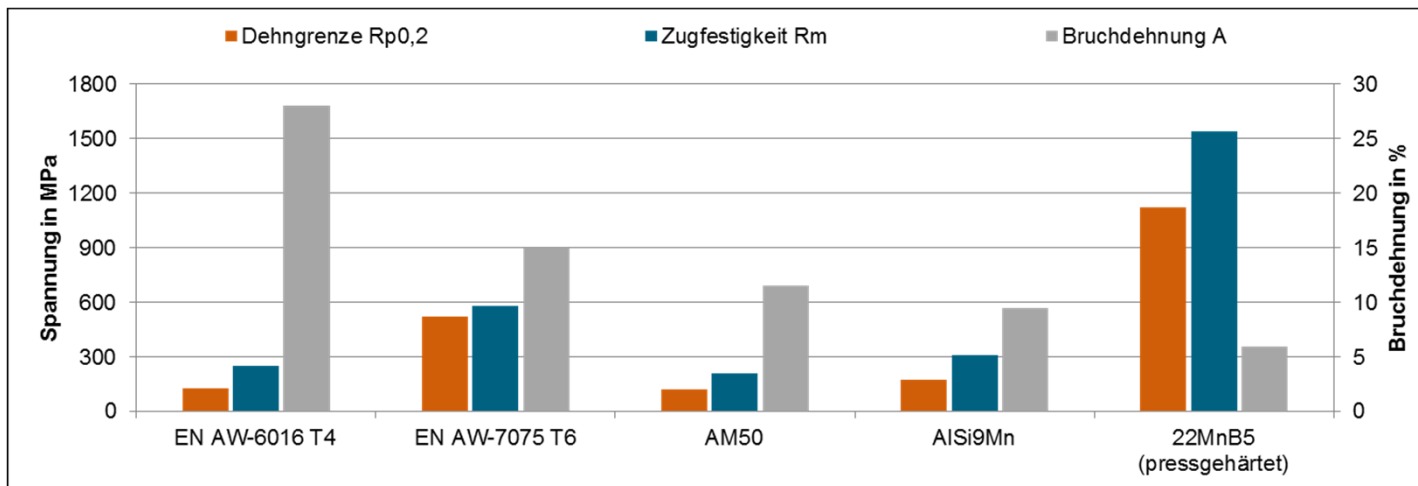
Versuchsfeld flexible Prozesskette

- Basis für die Generierung von Prozessdaten und die Validierung von Simulationsmodellen
- Experimentator für die Entwicklung und Erprobung von Prozessmodellen

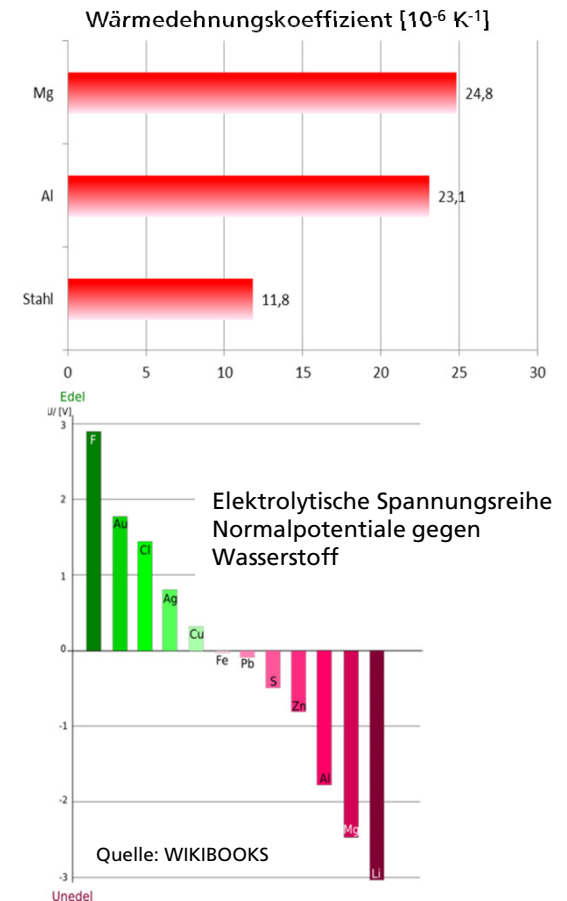


Motivation für Prozessentwicklungen

Vergleich von Materialeigenschaften



Mechanische Materialkennwerte aus dem Zugversuch



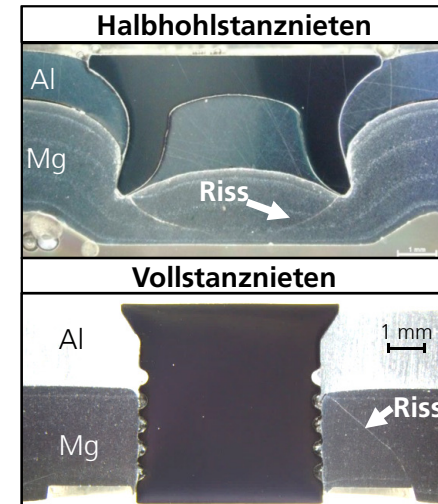
Inhalt

- Mechanisches Fügen am Fraunhofer IWU
- Stanzstauchnieten
- Stechniet – Fügen in Profile
- Thermisch unterstütztes Fügen
- Thermoplast-Verbund-Metall Hohlstruktur

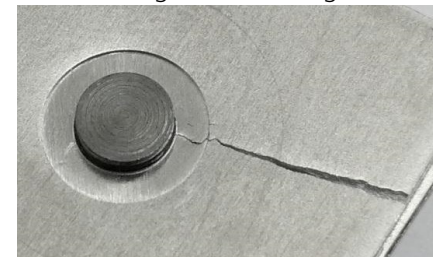


Stanzstauchnieten

- Warum ein neues Verfahren zum mechanischen Fügen?
 - Rissbildung beim Fügen spröder Werkstoffe ($A_{80} \leq 10 \%$)
 - Verzögerte Rissbildung bei 7xxxer Aluminium
 - Blechausdünnung beim Fügen geringer Blechdicken ($t_2 \leq 0,9 \text{ mm}$)
 - Fügerichtung »weich in hart«
 - Fügeprozessbedingte Bauteildeformationen
 - Butzenabfuhr während des Stanzens



Schliffbilder stanzgenieteter Verbindungen mit Magnesiumdruckguss

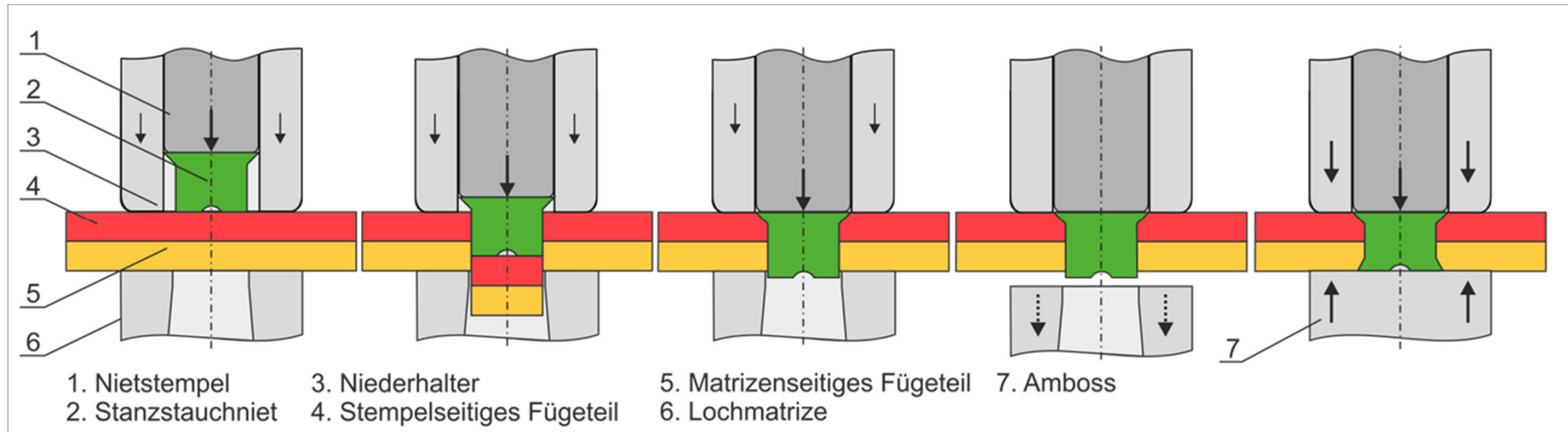


Verzögerte Rissbildung beim Vollstanznieten
EN AW-7021 T4 in EN AW-7021 T4

(Source: Jäckel, M.: Process development for mechanical joining of 7xxx series aluminum alloys, European Aluminium Congress, 2017.)

Stanzstauchnieten

■ Verfahrensprinzip



■ Vorteile:

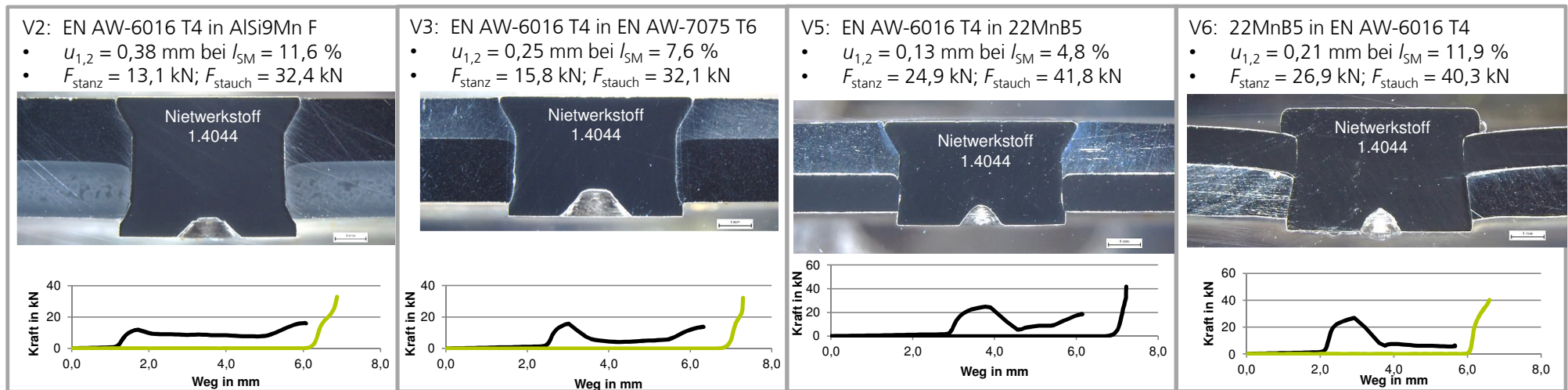
- Geringe Umformung der Fügeteile bzw. Belastung der Bauteilbeschichtungen
- Beidseitige Ebenheit der Fügestelle möglich
- Flexibilität in Bezug auf die Fügerichtung

■ Nachteil:

- Zweistufiger Fügeprozess aufgrund des Matrizenwechsels

Stanzstauchnieten

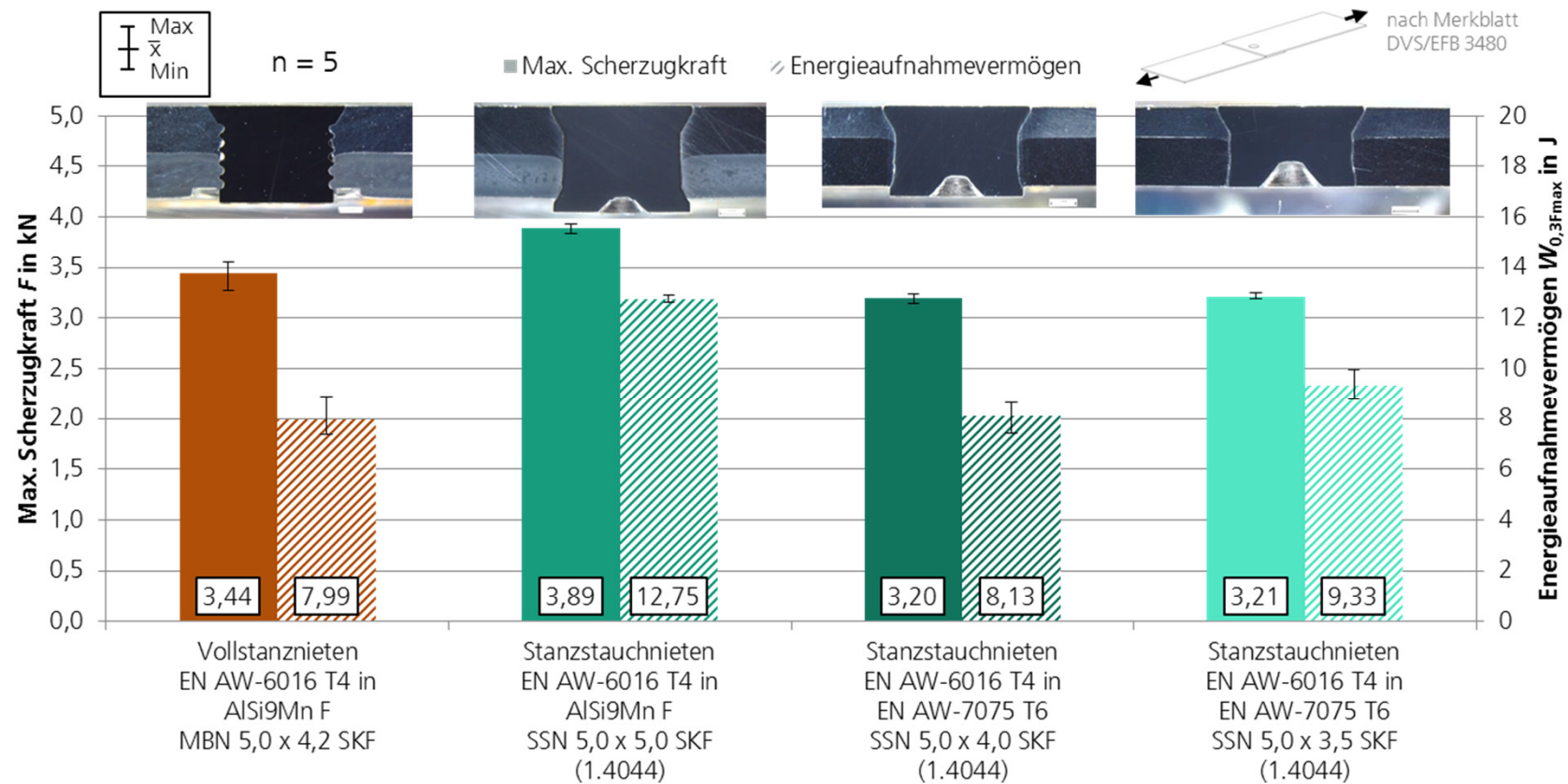
- Ausgewählte Materialpaarungen mit Werkstoffen mit eingeschränkter Duktilität
- Nietformen und Größen können an die Materialpaarungen angepasst werden



Quelle: EFB-Nr.: 06-116, AiF-Nr.: 19249 BR Qualifizierung des Stanzstauchnietens zum Fügen von Leichtbaustrukturen

Stanzstauchnieten

- quasistatische Festigkeitsprüfung im Scherzug für elementar gefügte Proben nach DVS/EFB 3480-1

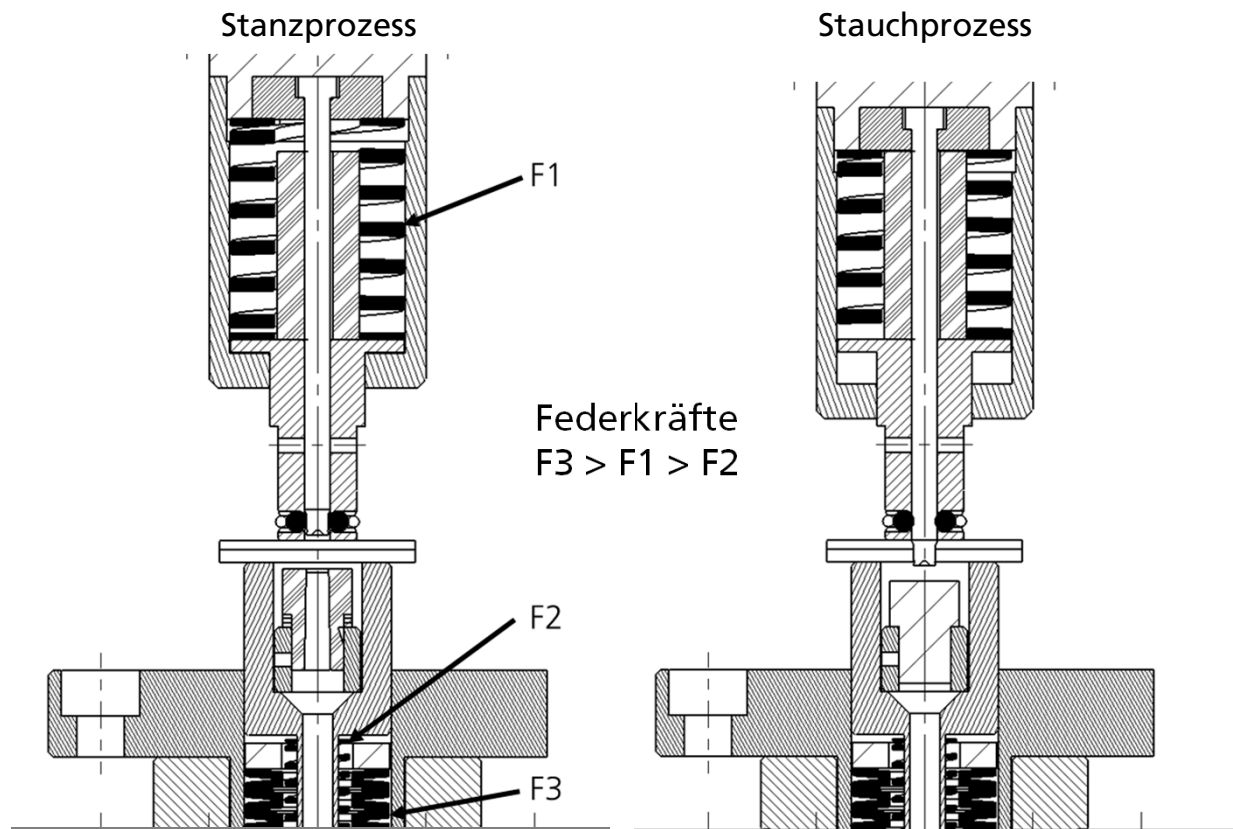


Stanzstauchnieten

- Anlagenkonzept für eine zweistufige Versuchseinrichtung am Fraunhofer IWU



Matrizenwechsel – translatorisch



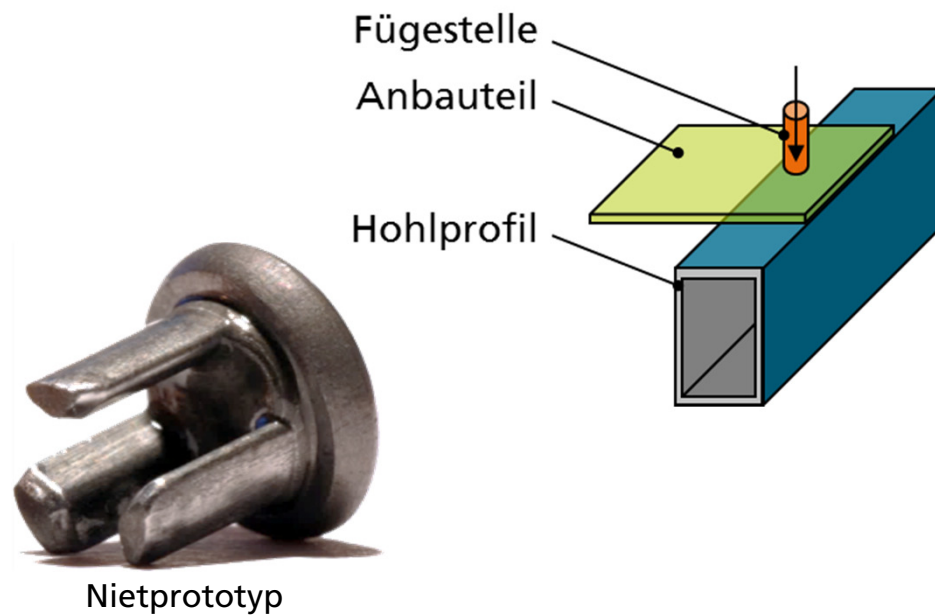
Inhalt

- Mechanisches Fügen am Fraunhofer IWU
- Stanzstauchnieten
- Stechniet – Fügen in Profile
- Thermisch unterstütztes Fügen
- Thermoplast-Verbund-Metall Hohlstruktur



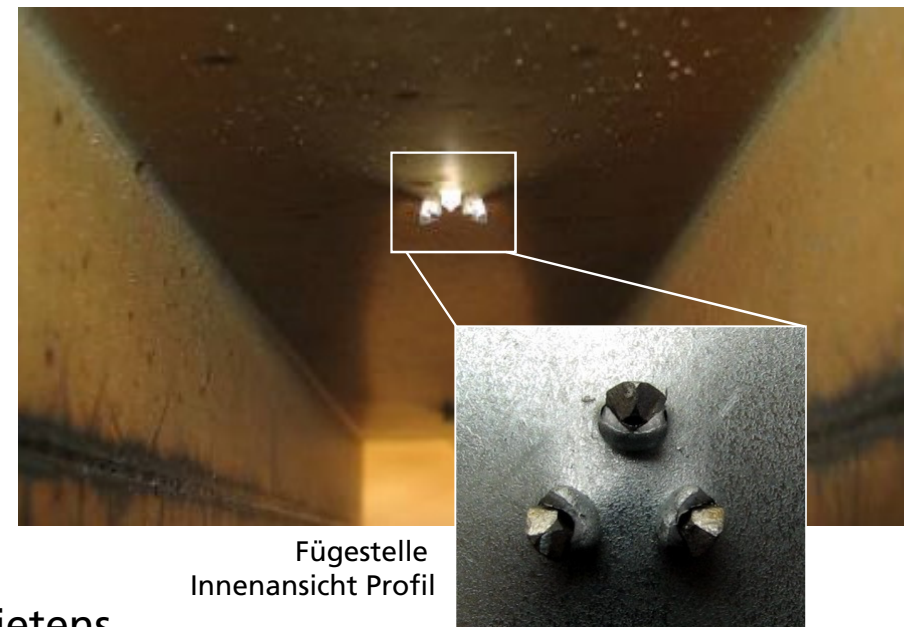
Stechnieten – Fügen in Profile

■ Verfahrensprinzip



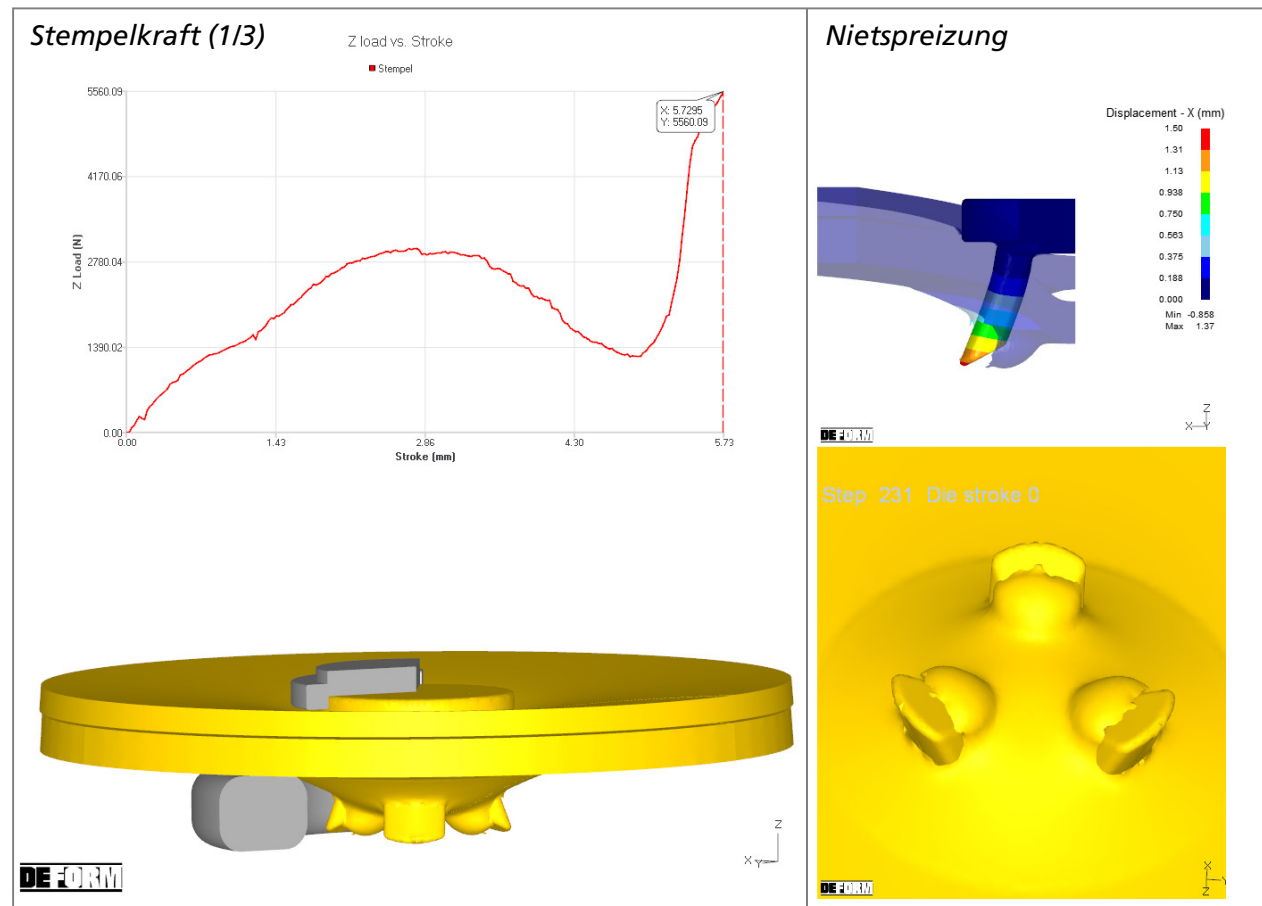
■ Zielstellung

- Erweiterung der Anwendungsgrenzen der Stanznietens
- Erhöhung der Flexibilität des Nietes



Stechnieten

■ Prozesssimulation



Stechnieten

■ Einsatzgebiete

Einseitige Zugänglichkeit
Geringere Wanddicken
(bis ca. 2,5 mm)



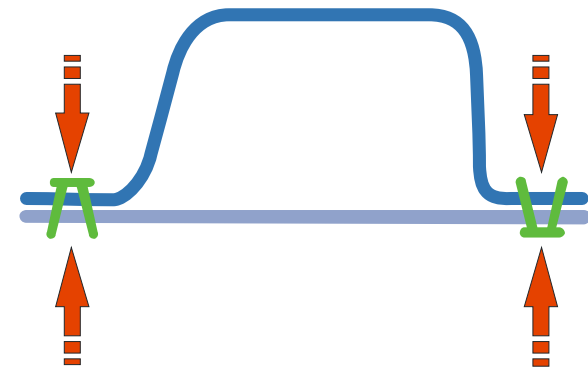
- Niet durchstößt beide Fügepartner und verspreizt **hinter** dem unteren Bauteil
- Kein Gegenhalter notwendig

Einseitige Zugänglichkeit
Größere Wanddicken
(z. B. Aluminiumprofile)



- Niet durchstößt oberen Fügepartner und verspreizt **im** unteren Bauteil
- Kein Überstand auf Unterseite
- Mediendichte Verbindungsstelle

Beidseitige Zugänglichkeit



- Senkung der Fügekräfte um bis zu 70 %
- universelle Nietgeometrie
- einheitliches Gegenwerkzeug zur Abstützung des Fügebereichs

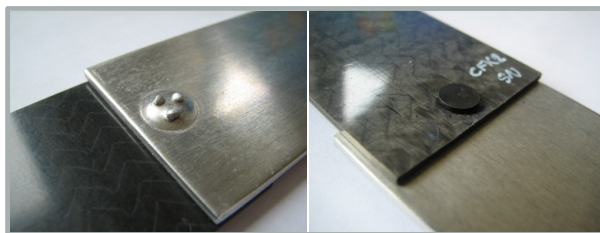
Stechnieten

■ Vergleich der Scherzugfestigkeit HHSN und Stechnieten beim Fügen von CFK-Material

- Überlappbreite 14 mm
- Fugerichtung CFK → Aluminium

■ Ergebnis

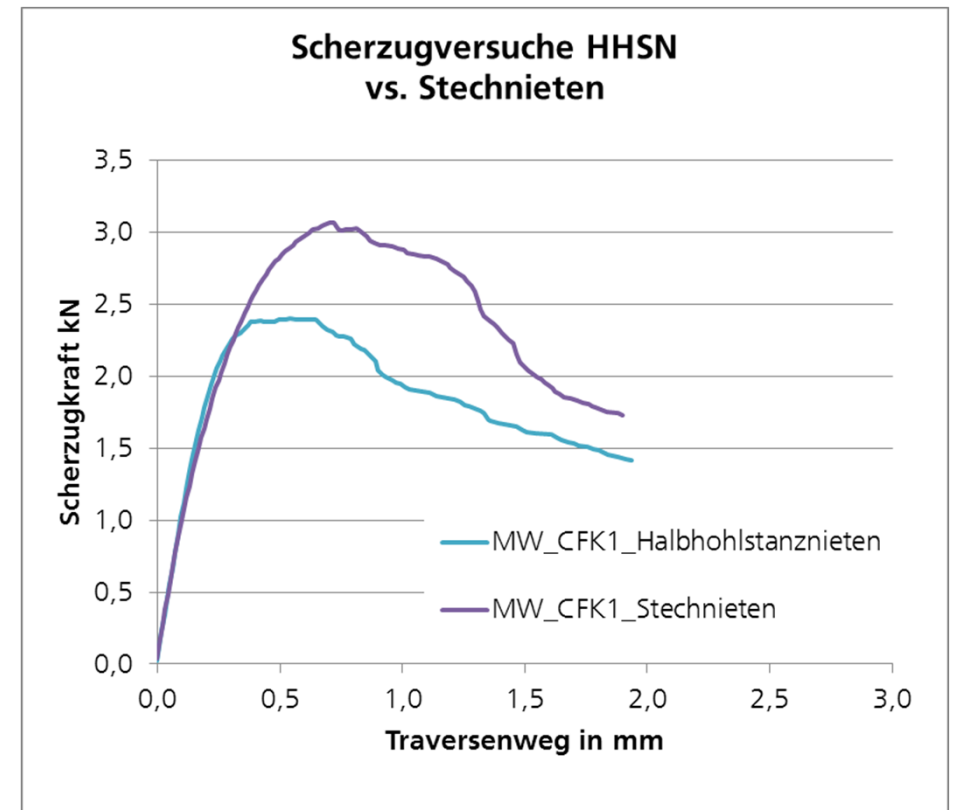
- Höhere maximale Scherzugkräfte beim Stechnieten



Stechnieten
CFK + Aluminium



Halbhohlstanznieten
CFK – Aluminium



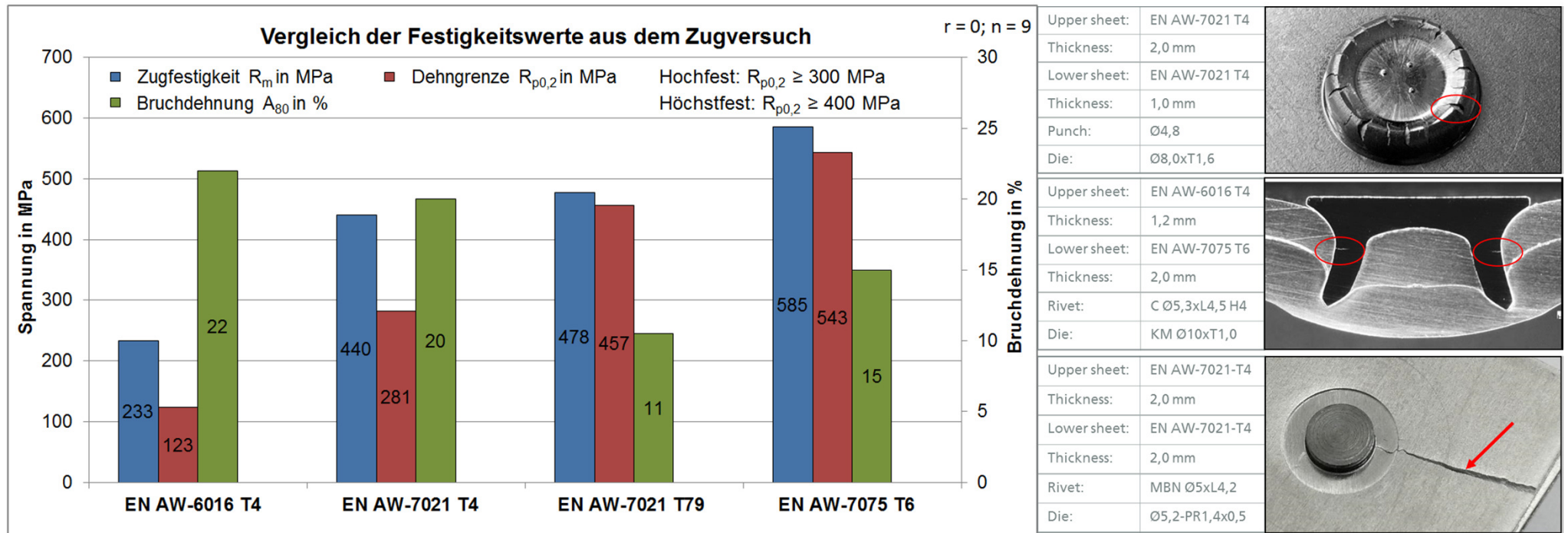
Inhalt

- Mechanisches Fügen am Fraunhofer IWU
- Stanzstauchnieten
- Stechniet – Fügen in Profile
- Thermisch unterstütztes Fügen
- Thermoplast-Verbund-Metall Hohlstruktur



Thermisch unterstütztes mechanisches Fügen

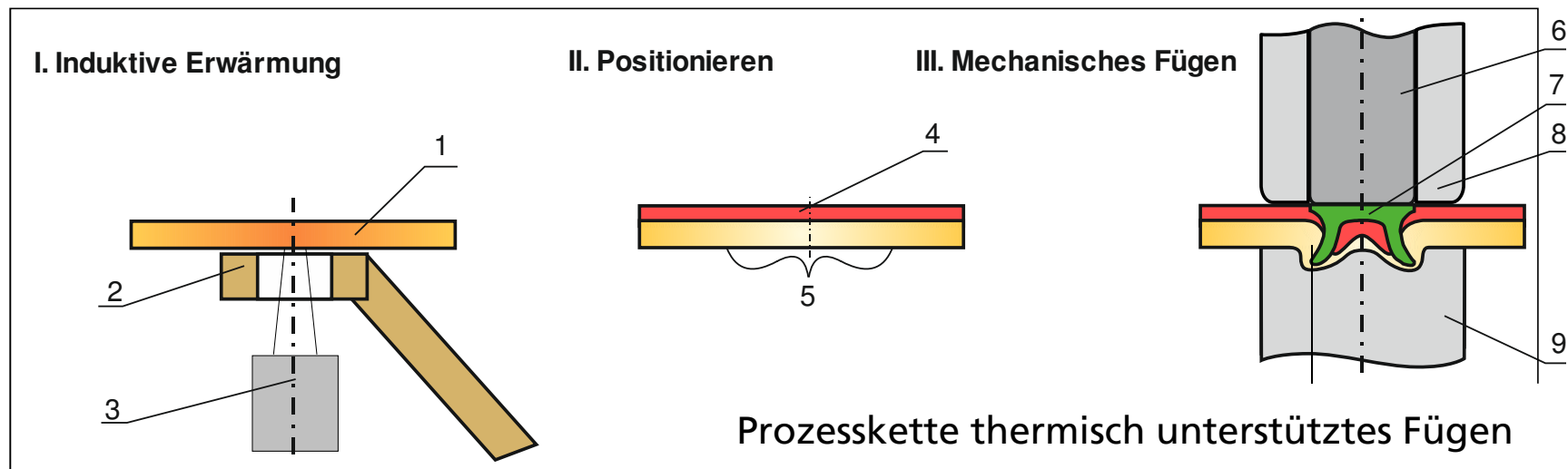
■ Kennwerte hoch- und höchstfester Aluminiumlegierungen



- Hochfeste **Aluminiumwerkstoffe** der **7000er** Reihe weisen ein hohes **Leichtbaupotenzial** auf:
→ hohe Festigkeit bei geringem Gewicht
- **Angepasste Prozessketten** (Umformen im W-Zustand bei EN AW-7021 T4, Warmumformung bei EN AW-7075 T6)

Thermisch unterstütztes mechanisches Fügen

- Mechanisches Fügen hochfester Aluminiumlegierungen **nach** einer lokalen Wärmebehandlung

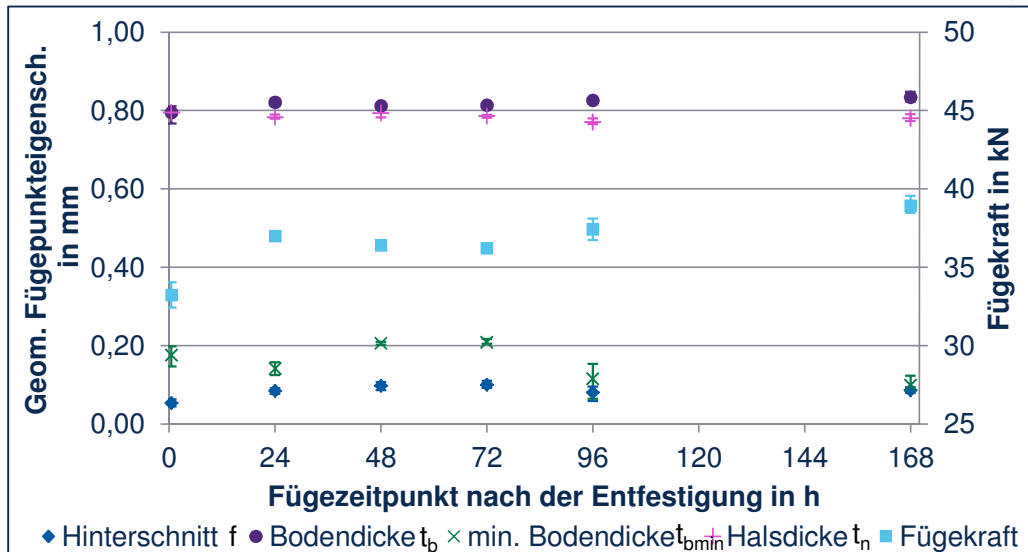
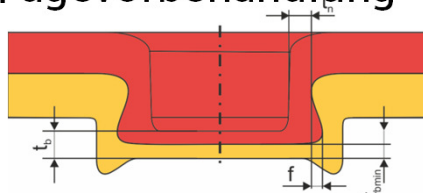


- | | |
|---|----------------------|
| 1. Matrizenstück aus hochfestem Aluminium | 6. Nietstempel |
| 2. Induktorspule | 7. Halbhohlstanzniet |
| 3. Pyrometer | 8. Niederhalter |
| 4. Stempel | 9. Matrize |
| 5. Entfestigte Fügezone | |

Thermisch unterstütztes mechanisches Fügen

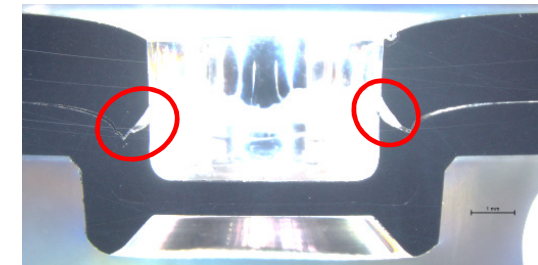
■ Lokales Rückbildungsglügen als Fügevorbehandlung

Matrize: TOX RP 8 x 1,2 mm
 Stempel: TOX D = 5,0 mm
 Entfestigungstemp.: 150° C
 Haltezeit: 3 s

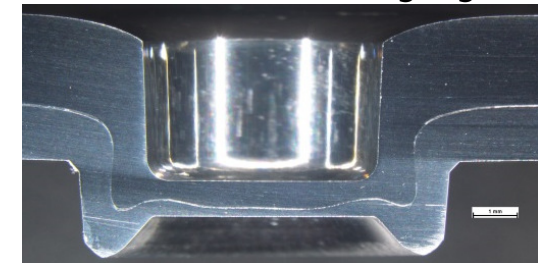


Variation des Fügezeitpunktes nach der lokalen Entfestigung mittels Induktor für das Clinchen mit starrer Matrize von EN AW-7021 T4 in EN AW-6016 T4 in

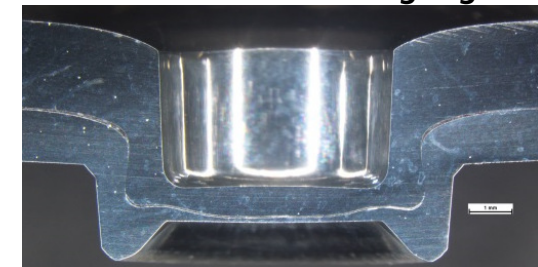
Konventionell



0,5 h nach Entfestigung



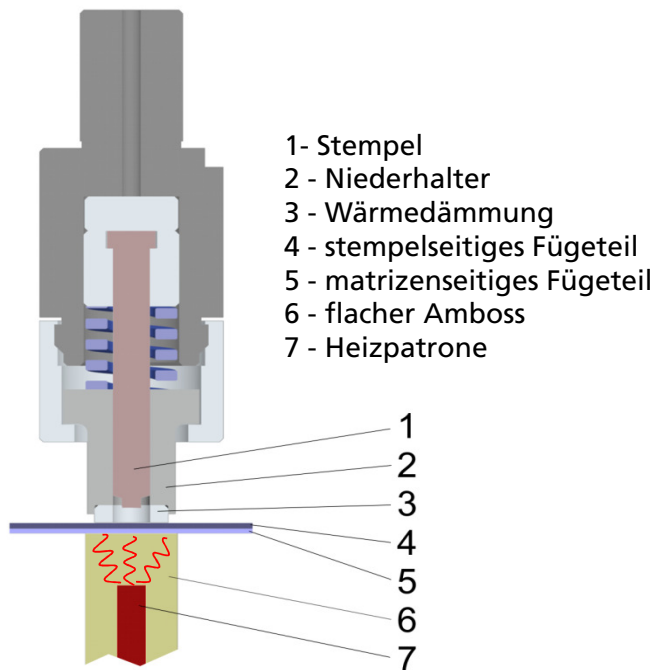
168 h nach Entfestigung



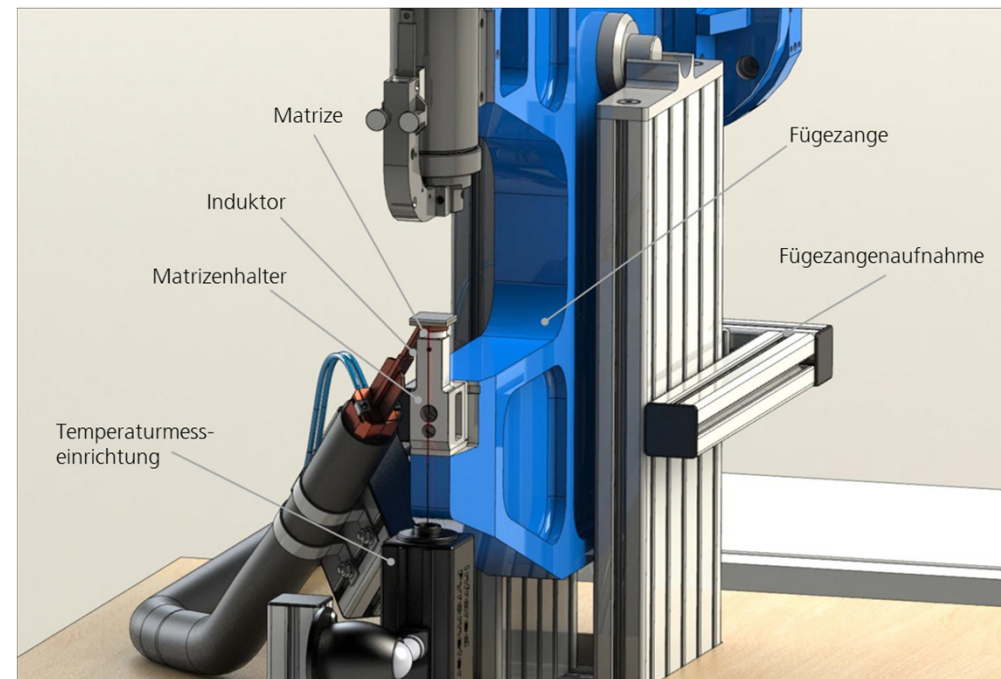
Thermisch unterstütztes mechanisches Fügen

■ Anlagenkonzepte für das temperierte Fügen

■ Temperiertes Clinchen gegen flachen Amboss



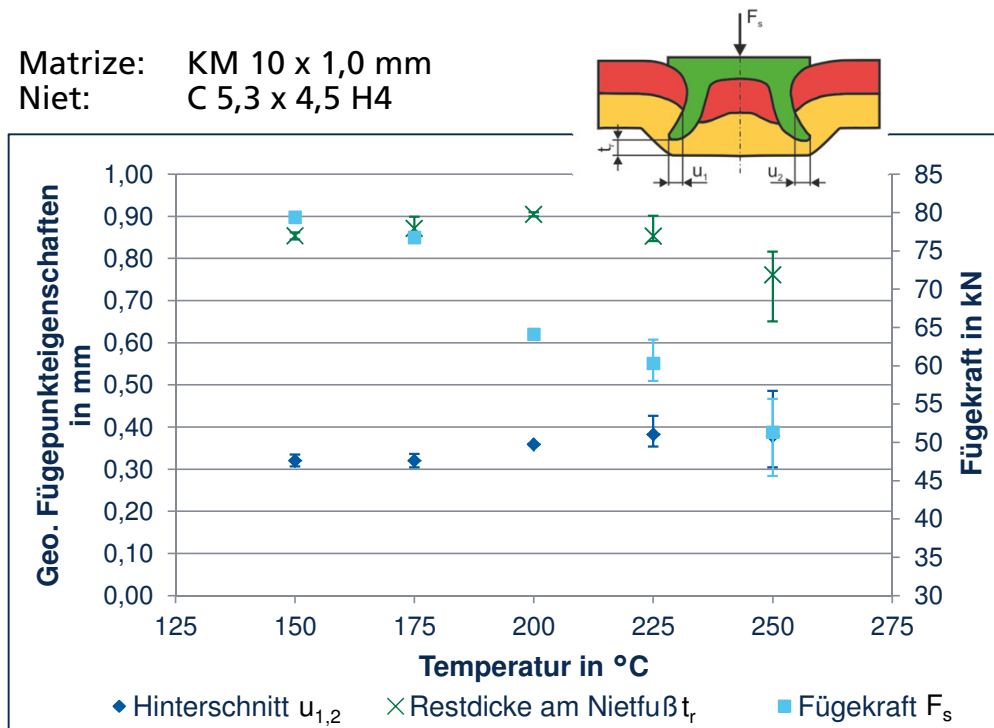
■ Temperiertes Clinchen und Stanznieten mit konturierter Matrize



Thermisch unterstütztes mechanisches Fügen

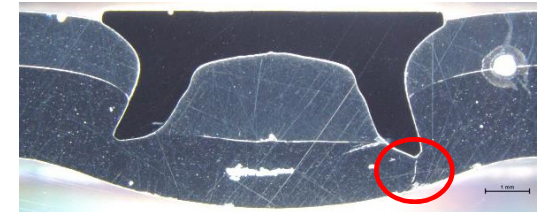
■ Halbhohlstanznieten von EN AW-6016 T4 in EN AW-7075 T6

Matrize: KM 10 x 1,0 mm
Niet: C 5,3 x 4,5 H4

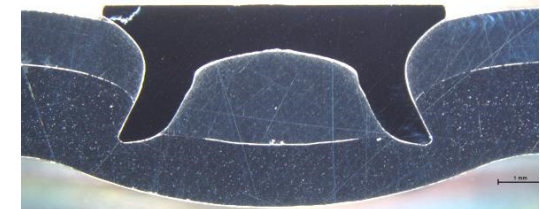


Variation der Fügetemperatur beim thermisch unterstützten Halbhohlstanznieten von EN AW-6016 T4 in EN AW-7075 T6

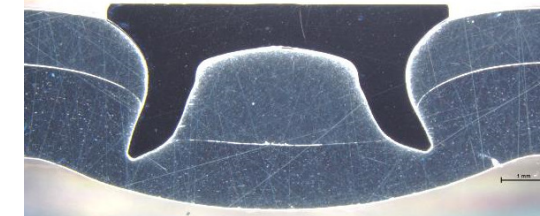
Fügetemperatur:
150 ° C



200 ° C



250 ° C



Inhalt

- Mechanisches Fügen am Fraunhofer IWU
- Stanzstauchnieten
- Stechniet – Fügen in Profile
- Thermisch unterstütztes Fügen
- Thermoplast-Verbund-Metall Hohlstruktur



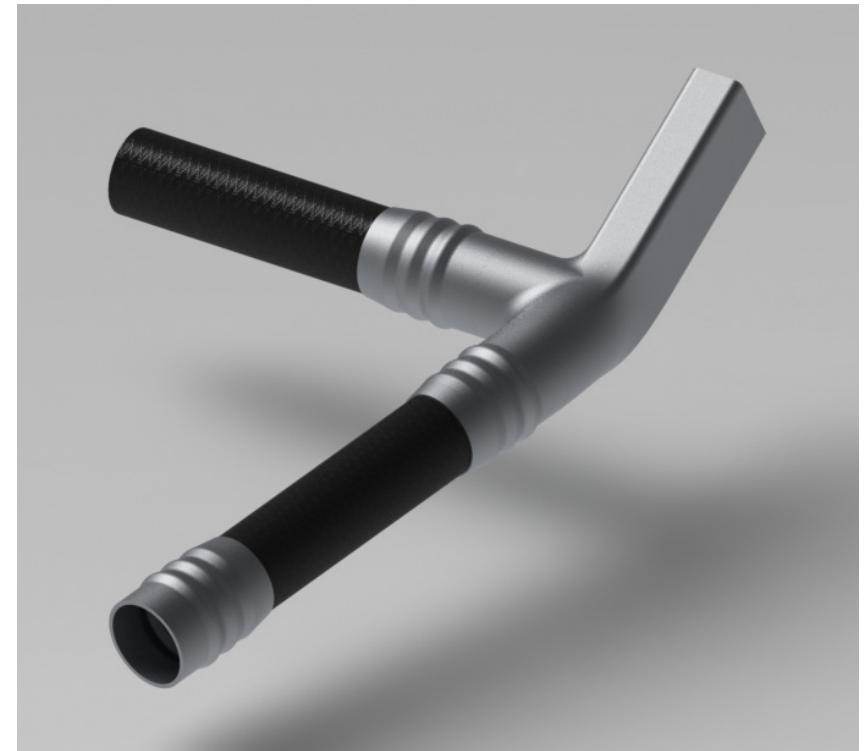
Thermoplast-Verbund-Metall Hohlstruktur

■ Motivation

- Hohe **Designfreiheit** und **hervorragende Verbundeigenschaften** durch **Thermoplast Tape** basierte Flechtpreforms
- **Konturverbindungen** von Zug- oder Druckstäben aus kohlefaserverstärktem Kunststoff und Metall bieten hohes Potenzial für **neue leichte Hybridstrukturen**
- **Formschlüssige** Verbindungssysteme übertragen **sehr hohe Kräfte** in stab- und rohrförmige Strukturen
- **Tragfähigkeit** hochbeanspruchter TMH wird wesentlich von Verbundgestaltung und **faserverbundgerechter Lasteinleitung** bestimmt

Gefördert durch

DFG Deutsche
Forschungsgemeinschaft

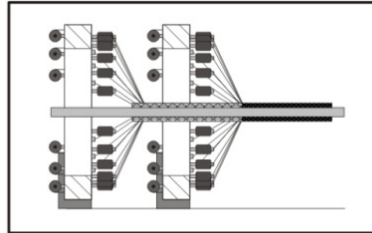
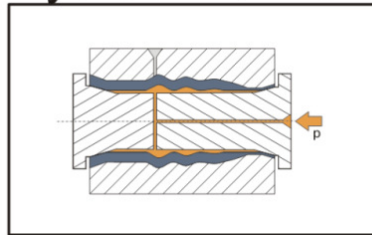


Thermoplast-Verbund-Metall Hohlstruktur

■ Motivation

- Intrinsische Hybridisierung der Konturverbindung im Schlauchblas-Integral-Verfahren
- Effizienter, automatisierter Herstellungsprozess für hybride Faser-Thermoplast-Verbundprofile

Hydroumformen

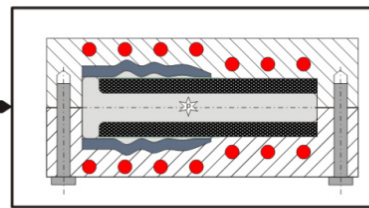


Flechten

Insert



FKV - Preform



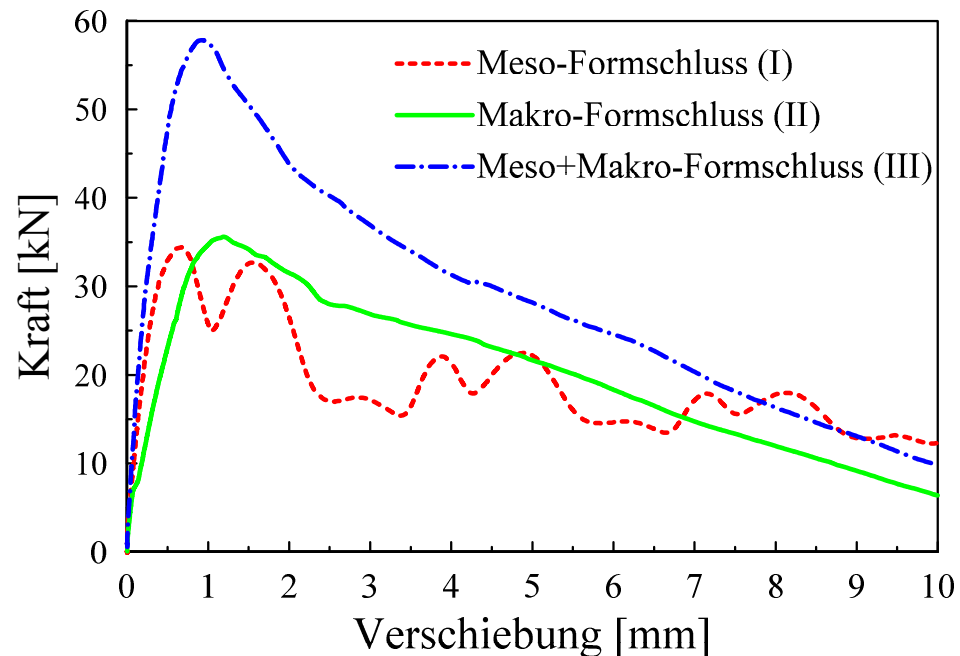
Integral- Schlauchblasen



Hybridverbindung

Thermoplast-Verbund-Metall Hohlstruktur

- Kombinierte Lastübertragung von Meso- und Makroformschluss
- Steigerung der Tragfähigkeit durch mehrskalige Strukturierung gegenüber reiner Meso- oder Makrostrukturierung



Strukturierungslänge: 30 mm
Formschlusshöhe Makrokontur: 2,0 mm

Überschrift

■ Förderhinweis:

Die IGF-Vorhaben 18903 BR / 1, 19249 BR und 19763 BR wurden über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.