

Universität Stuttgart

# **Laufendes ZIM-Projekt: Entwicklung einer Fertigungstechnik zur Herstellung von Zwischenwellen für elektrische Antriebsstränge mittels umformtechnischen Fügens (ZwUm)**

Tahsin Deliktas



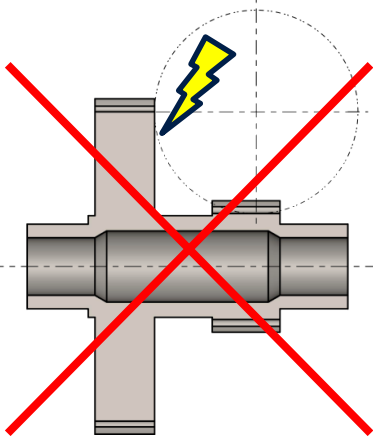
**Herbstsitzung 2024**  
**Arbeitskreises für Entwicklung und Erforschung des Kaltpressens**  
**29. Oktober 2024**  
Institut für Umformtechnik

**IFU**

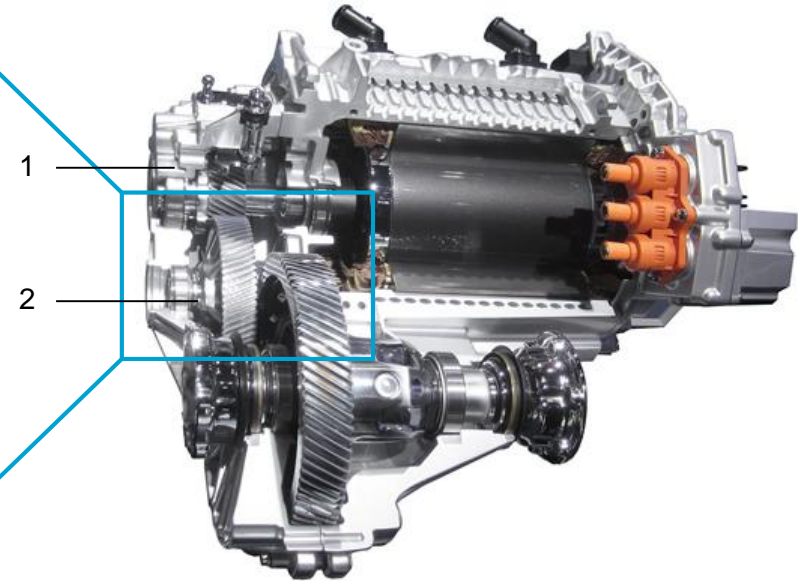
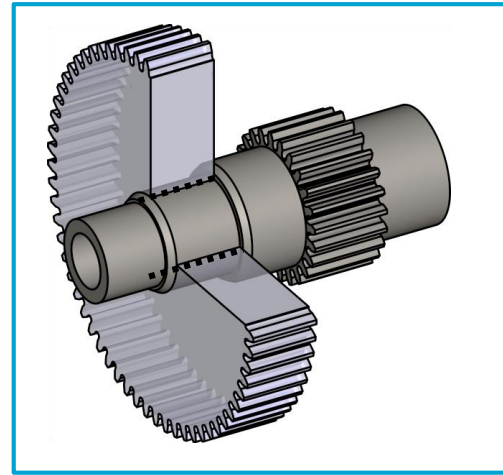
# Herstellung einer Getriebezwischenwelle

## Motivation

Einteilig



Zweiteilig



## Konventionelle Lösungen

- Pressverbindung
- Steckverzahnung

## Nachteile

Enge Fertigungstoleranzen  
Hoher Fügeaufwand  
→ Hohe Kosten!

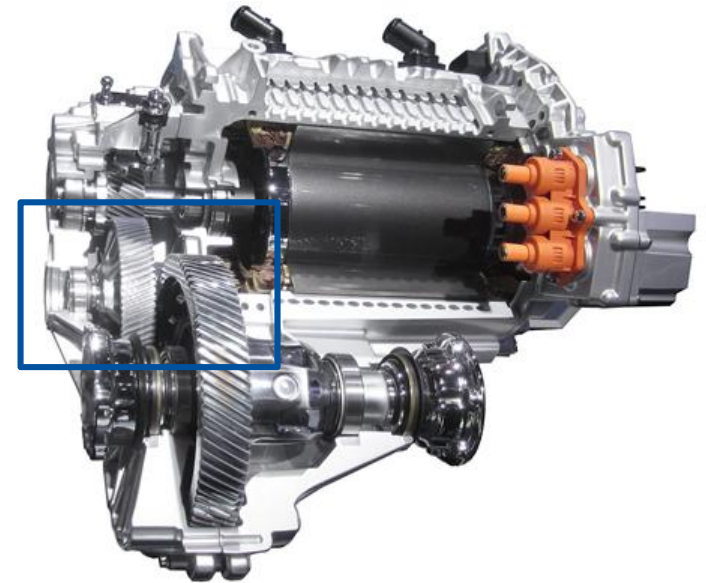
# Aufgabenstellung und Motivation

## Ziel

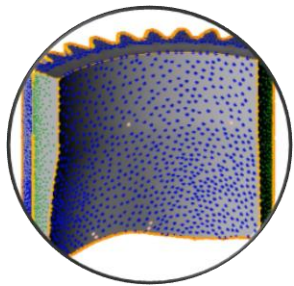
Das Projektziel ist die Abbildung einer prototypischen Fertigungskette zum umformtechnischen Fügen einer Zwischenwelle mit integrierter Wärmebehandlung.

## Arbeitshypothese

Durch das umformende Fügen einer Welle-Nabe-Verbindung mit anschließender Wärmebehandlung wird der Herstellprozess vereinfacht und durch die Kombination aus Form- und Reibschluss erhöht sich die Tragfähigkeit und der Wirkungsgrad der Verbindung.



## ZU BEARBEITENDE THEMENFELDER



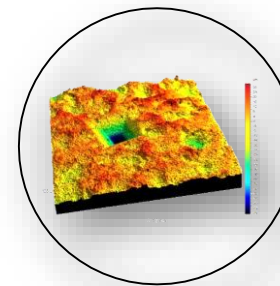
### Simulation

Formgebung  
Kräfte  
Spannungen  
Umformgrad  
Prozesssteuerung  
WZ-Aktivteile



### WZ-Technik

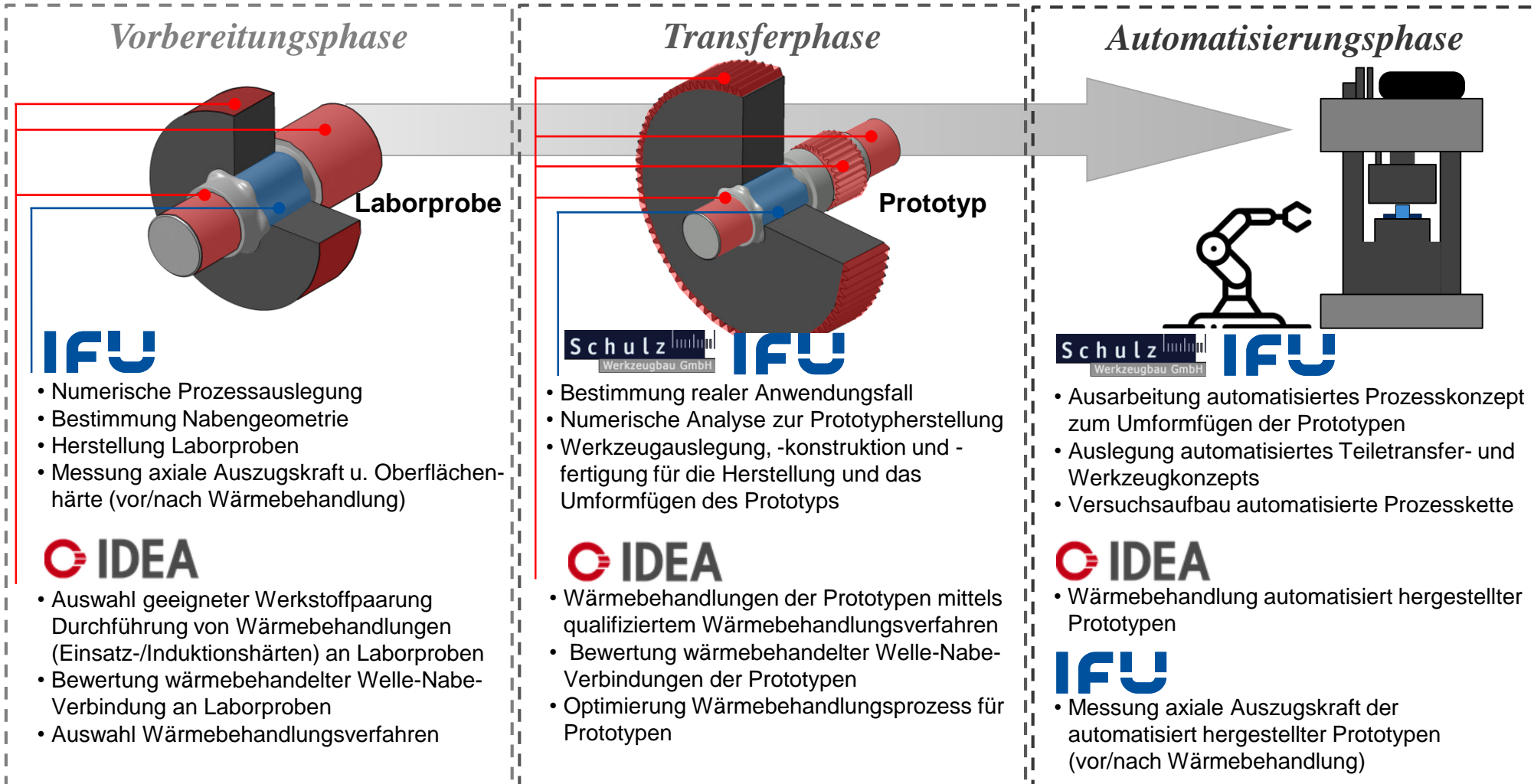
Werkzeugkinematik  
WZ-Einbauteile  
WZ-Gestellteile  
Transfereinheit



### Teilanalyse

Formgebung  
Verbindungsfestigkeit  
Oberflächenqualität  
Funktionsanalyse

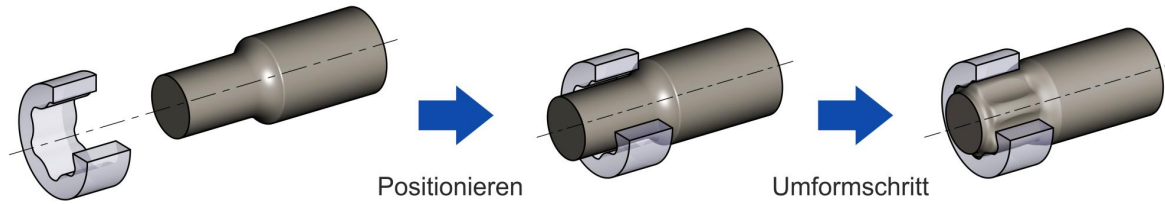
# Struktur des Gesamtprojektes





# Umformtechnische Herstellung von Welle-Nabe-Verbindungen (WNV)

**Stand der Forschung:** Entwickelte Prozesstechnik für das QFP-Fügen mit einer **gehärteten Nabe**, Arbeiten F. Dörr und R. Meisner, 2011 – 2021, IFU

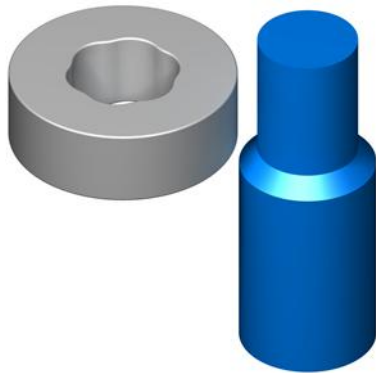


## Neue Prozesskette für umformgefügte WNV

### 1. Halbzeugvorbereitung

Nabe, „weich“

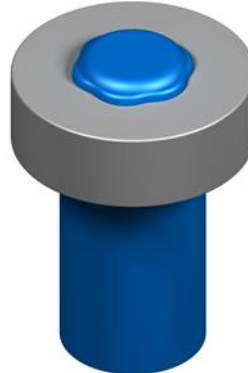
Welle, „weich“



### 2. Umformfügen

Nabe, „weich“

Welle, kaltverfestigt



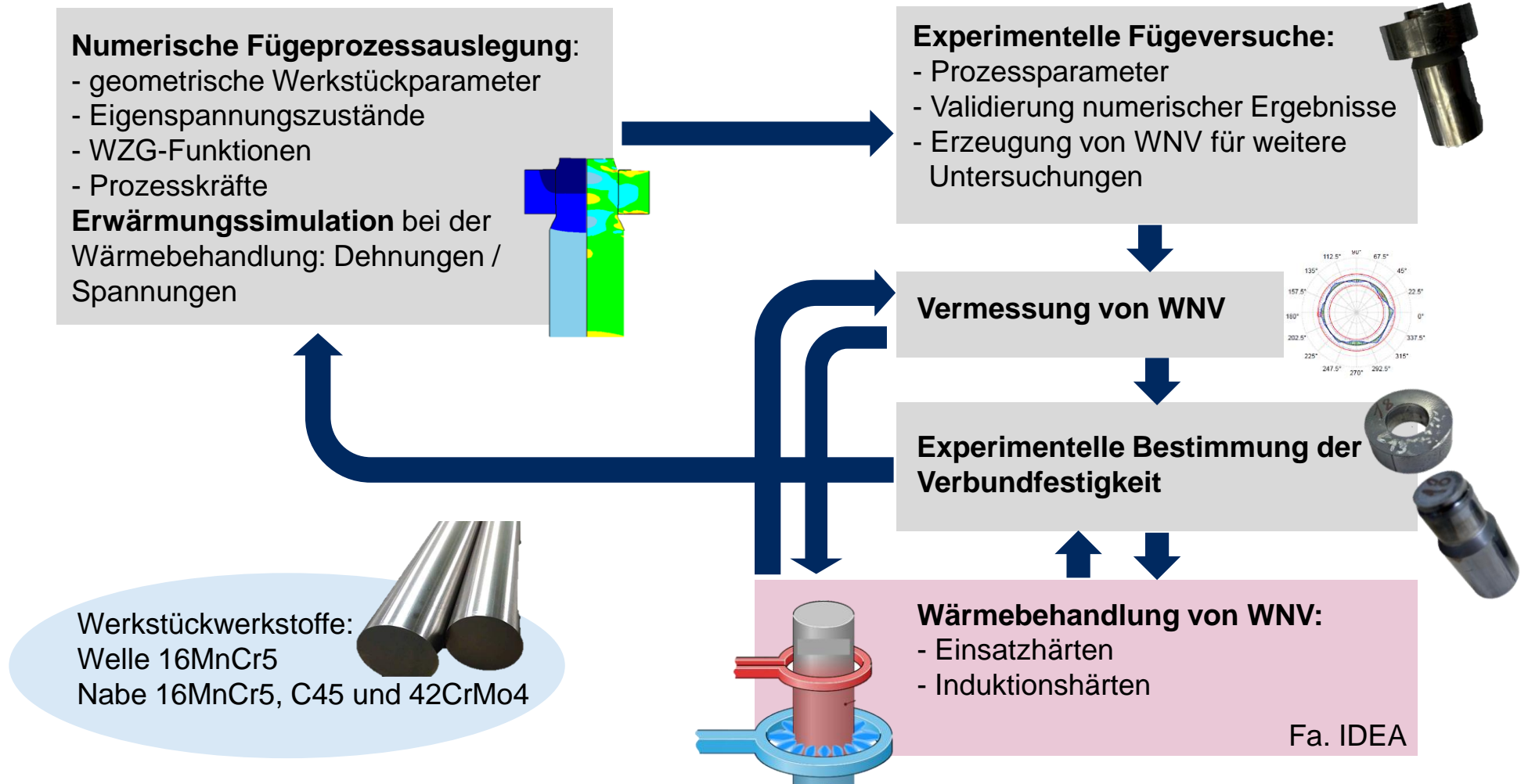
### 3. Wärmebehandeln

Nabe, „hart“

Welle, „weich/hart“

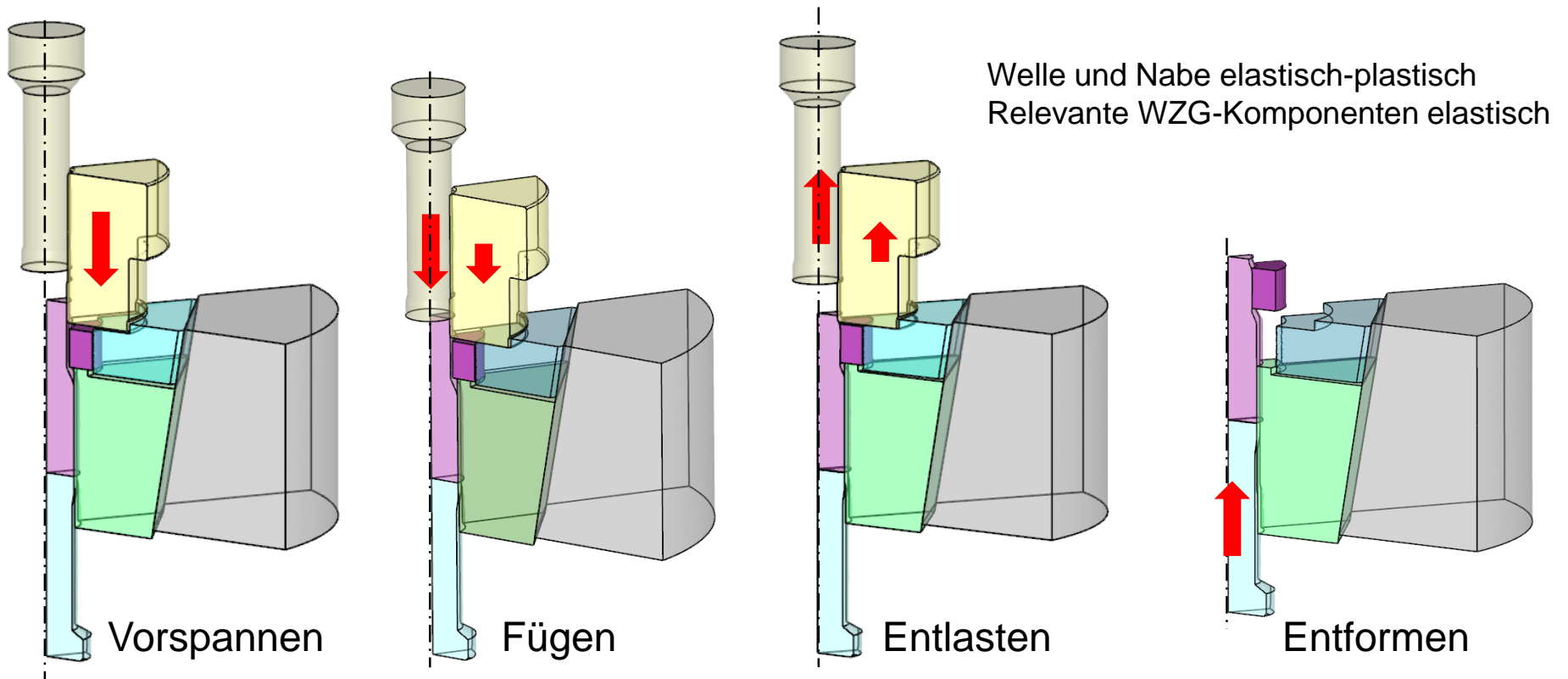


# Struktur des Teilprojektes IFU



# Numerische Auslegung des Umformfügeprozesses

Aufbau der numerischen Umformsimulation in Deform zum Umformfügen mittels QFP

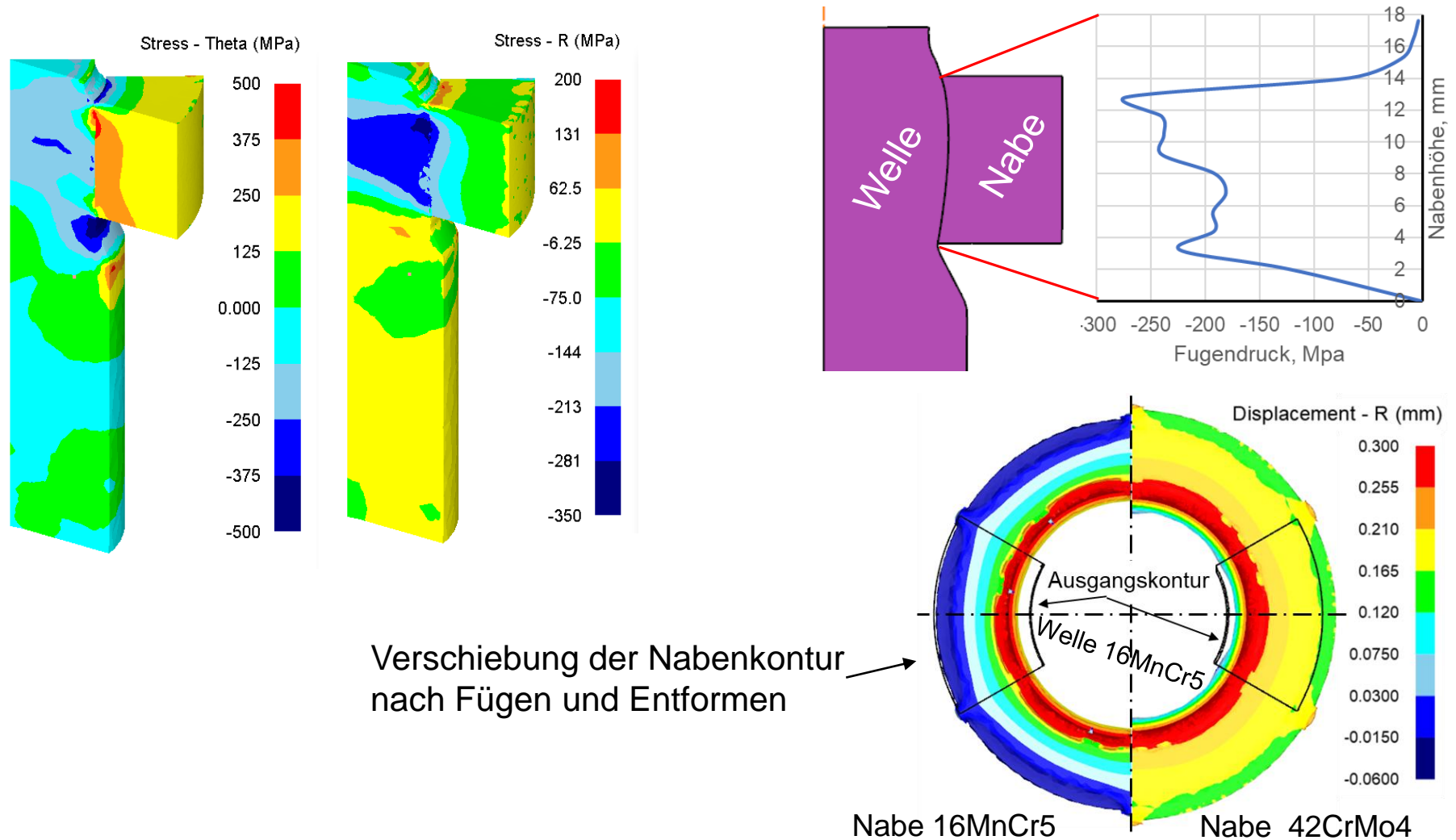


Ermittlung von:

- Geometrischen Parametern initialer Werkstücke, Konturierung der Fügefläche
- Prozesskräften und Werkzeugbelastungen
- Eigenspannungszuständen und geometrischen Eigenschaften der WNV

# Exemplarische Ergebnisse der Prozesssimulation

Spannungsverteilung und Fügendruck nach Fügen und Entformen; Welle 16MnCr5, Nabe 42CrMo4



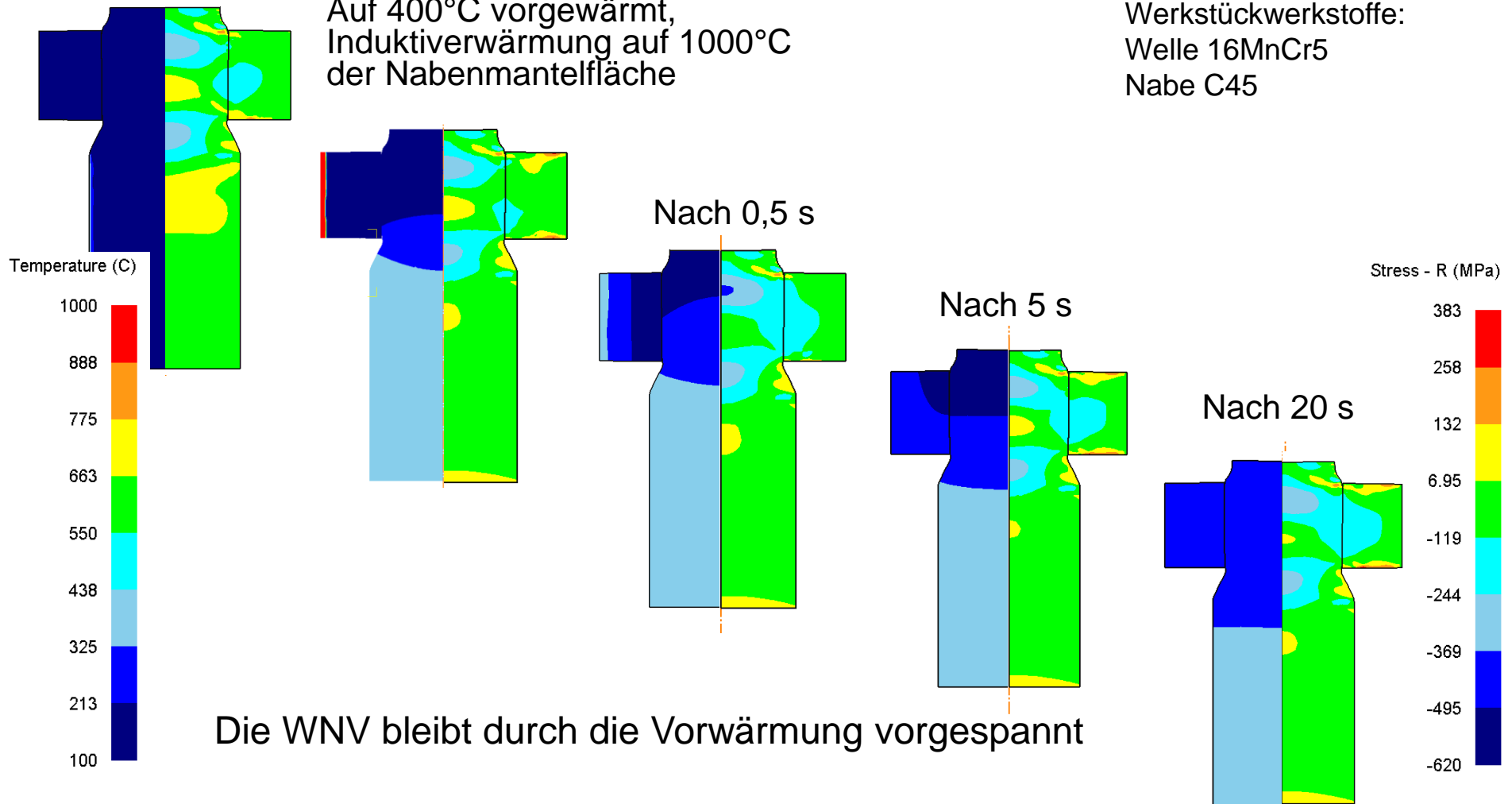


# Ergebnisse der Erwärmungssimulation

Nach Fügen  
und Entformen

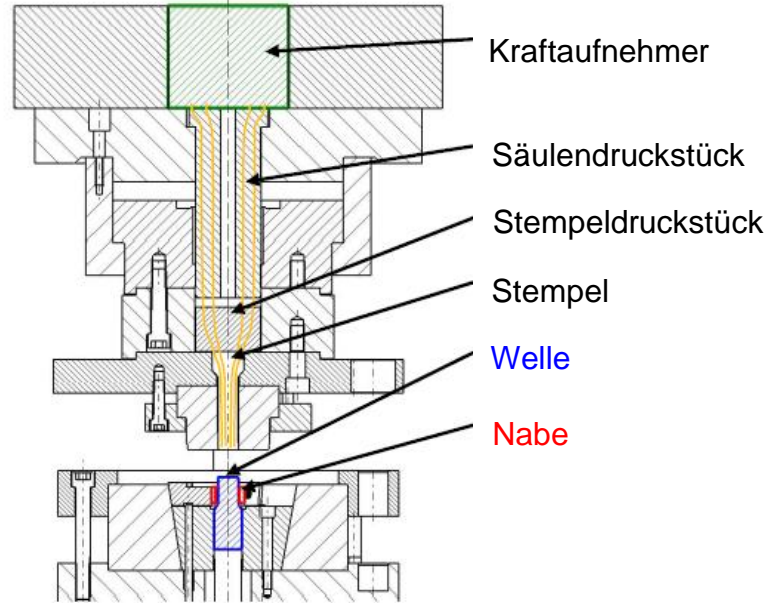
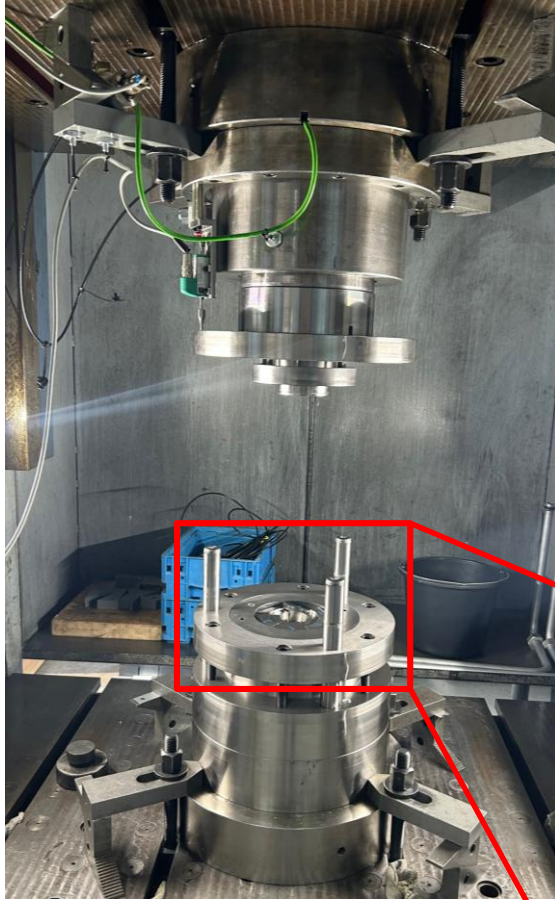
Auf 400°C vorgewärmt,  
Induktiverwärmung auf 1000°C  
der Nabenmantelfläche

Werkstückwerkstoffe:  
Welle 16MnCr5  
Nabe C45



# Experimentelle Fügeversuche

## Versuchswerkzeug für das Umformfügen mittels QFP



## Werkstücke und gefügte WNV

16MnCr5

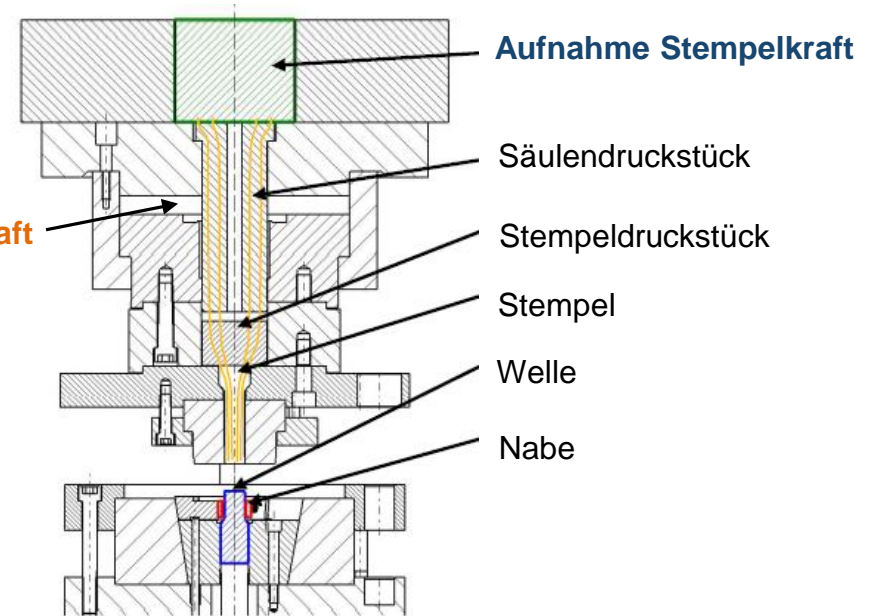
- 16MnCr5
- C45
- 42CrMo4



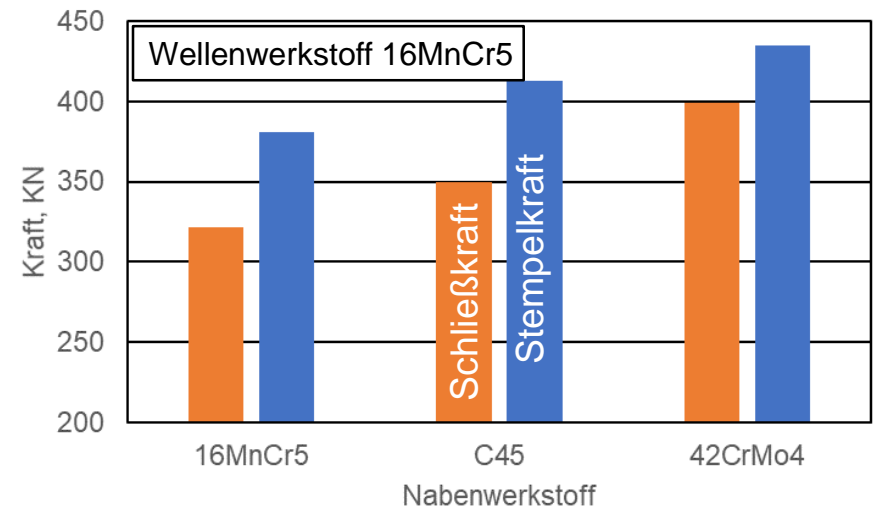
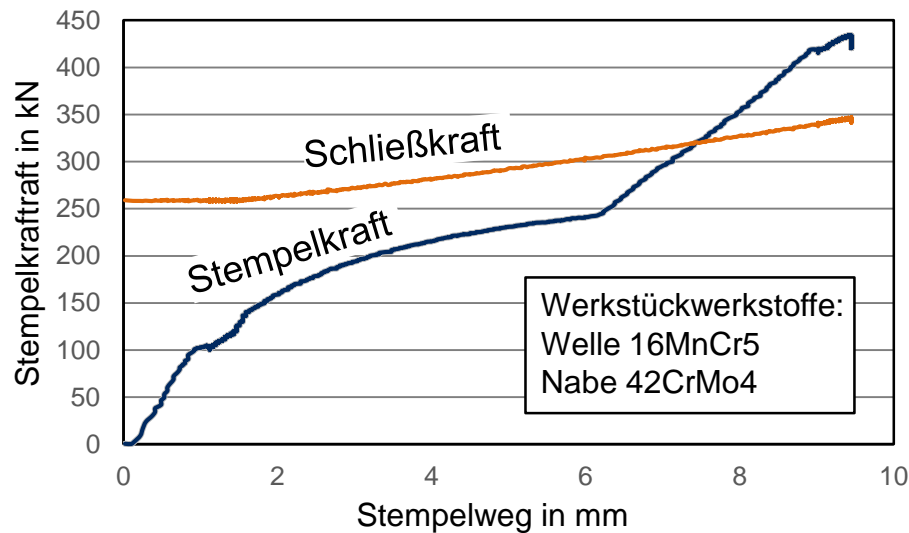
- Erzeugung von umformgefügt WNV für weitere Untersuchungen
- Experimentelle Ermittlung von Prozessparametern
- Validierung numerischer Ergebnisse

# Ergebnisse experimenteller Fügeversuche

Aufnahme Schließkraft  
über Schließdruck

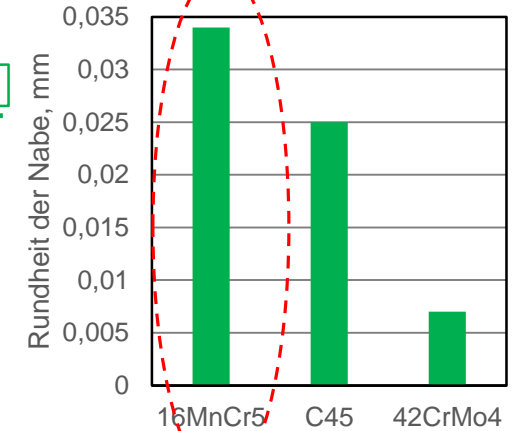
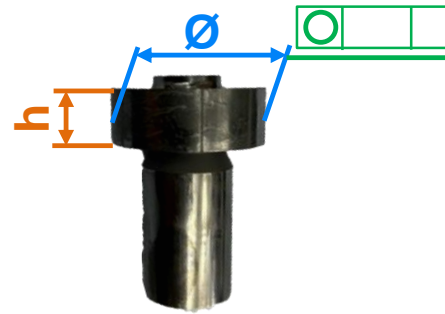
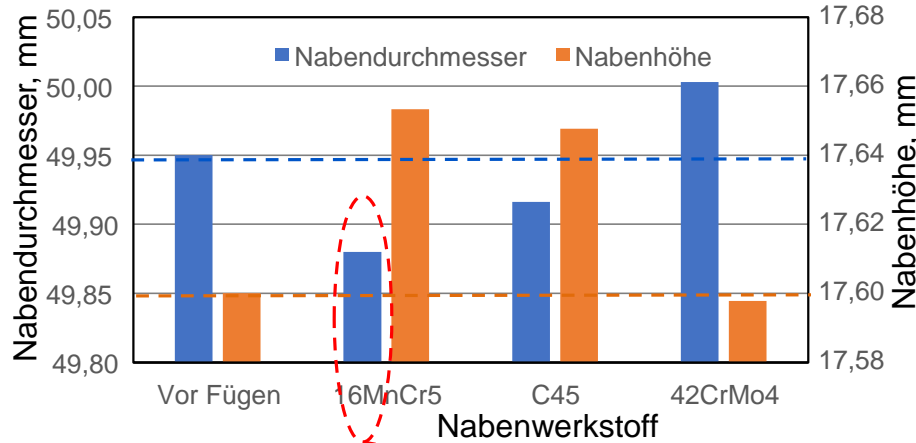


Ermittelte Prozesskräfte



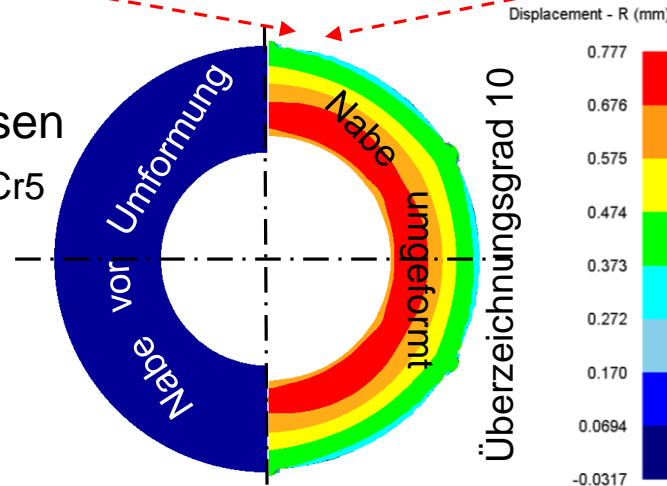
# Ergebnisse experimenteller Fügeversuche

## Ergebnisse der WNV-Vermessung



Vergleich mit  
Simulationsergebnissen

Wellen- und Nabenwerkstoff 16MnCr5

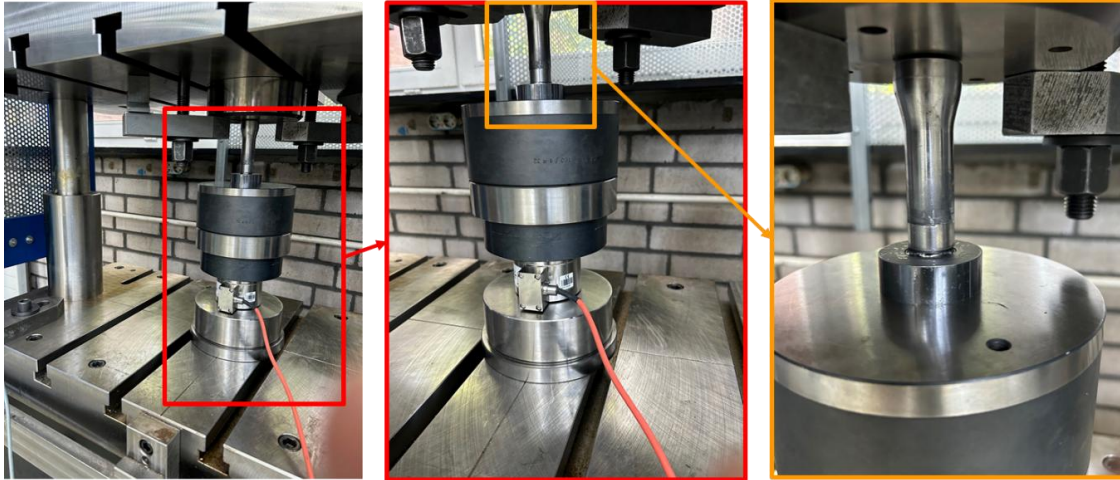




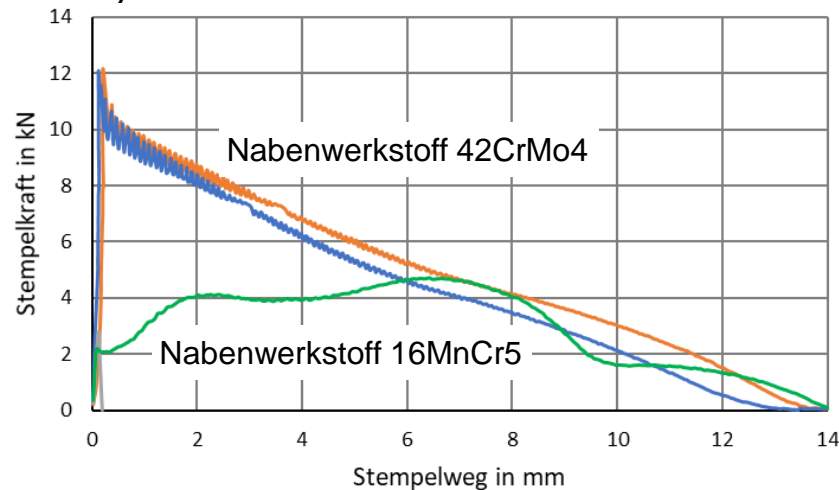
# Experimentelle Bestimmung der Verbundfestigkeit nach dem Fügen

Versuchsaufbau zur Ermittlung der Auspresskräfte

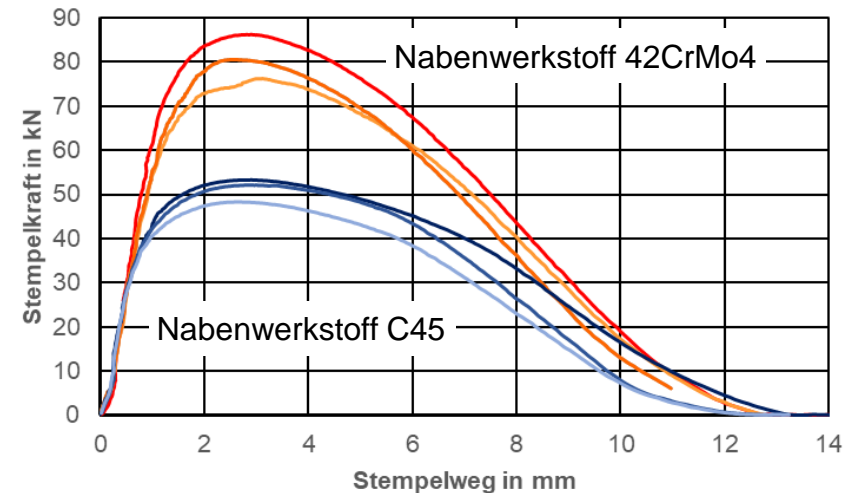
Getrennte Welle-Nabe-Verbindung



Auspresskräfte gefügter WNV,  
zylindrische Nabeninnenoberfläche



Auspresskräfte gefügter WNV,  
konkave Nabeninnenoberfläche

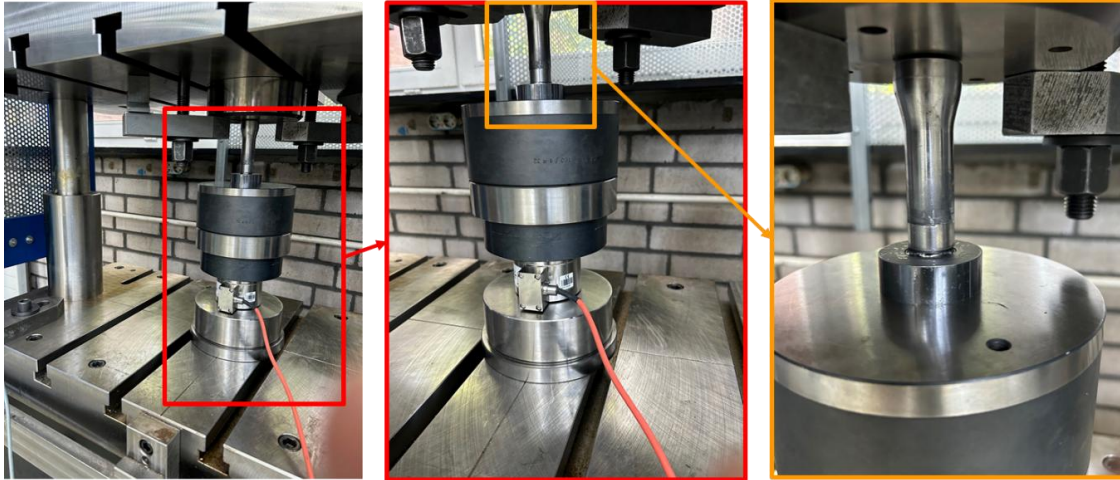




# Experimentelle Bestimmung der Verbundfestigkeit nach Wärmebehandlung

Versuchsaufbau zur Ermittlung der Auspresskräfte

Getrennte Welle-Nabe-Verbindung

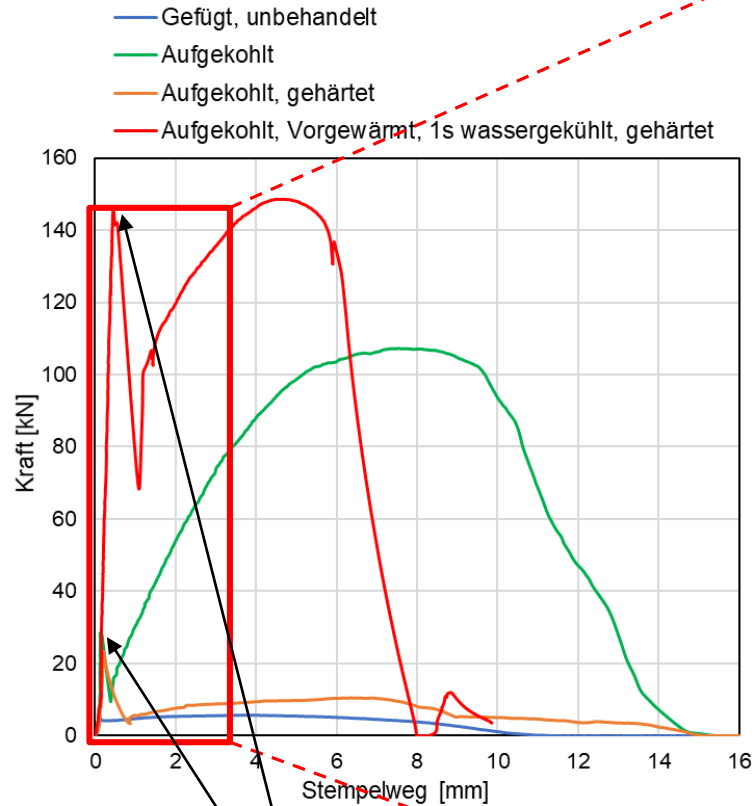


Naben- und Wellenwerkstoff 16MnCr5

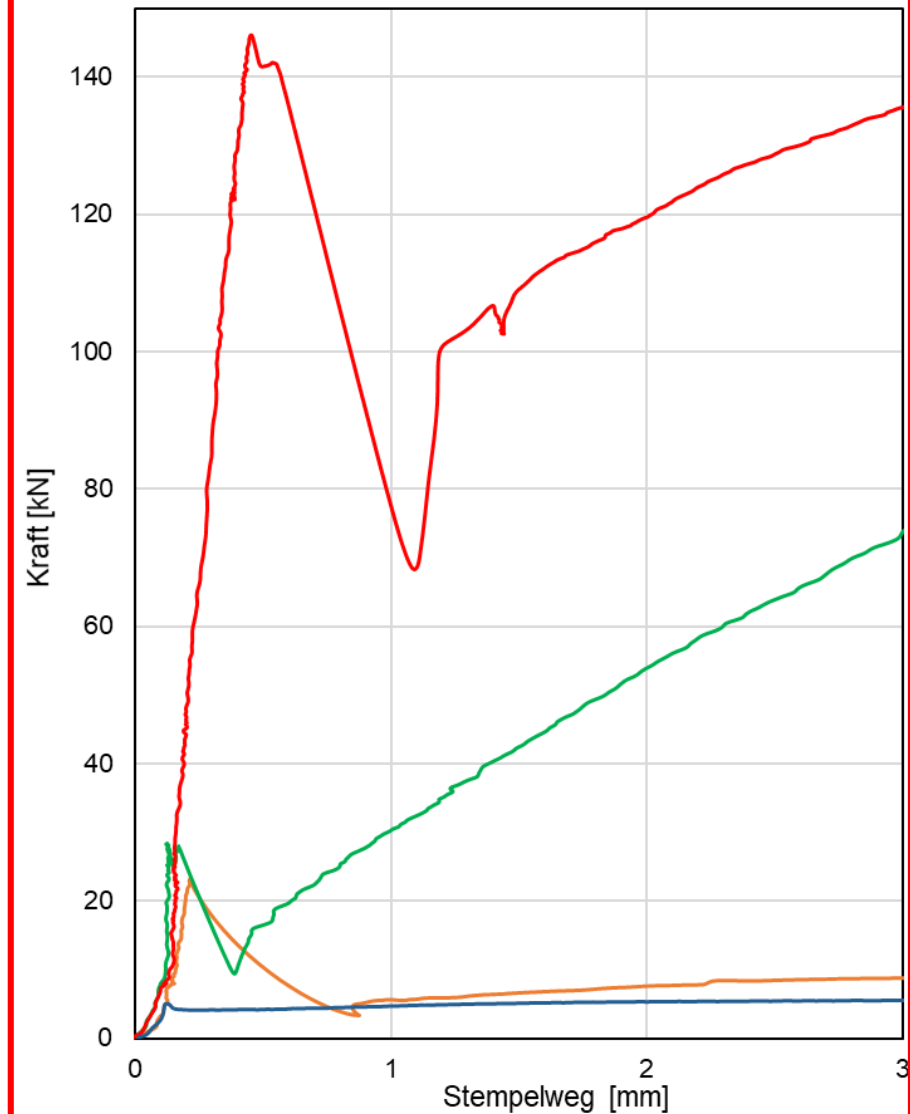
Wärmebehandlung der WNV

Variante	Auf- gekohlt	Vorge- wärmt	Gehärtet	Heizzeit, s	Heizleist. Härten, kW	Vorwärm- leist., kW	Frequenz, kHz
Unbehandelt nach Fügen							
Aufgekohlt	x						
Aufgekohlt, gehärtet	x		x	0,8	90		21
Aufgekohlt, vorgewärmt, nach Vor- wärmen 1s mit Wasser gekühlt, gehärtet	x	x	x	0,8	90	5	21

# Experimentelle Bestimmung der Verbundfestigkeit, Kraft-Weg-Verläufe

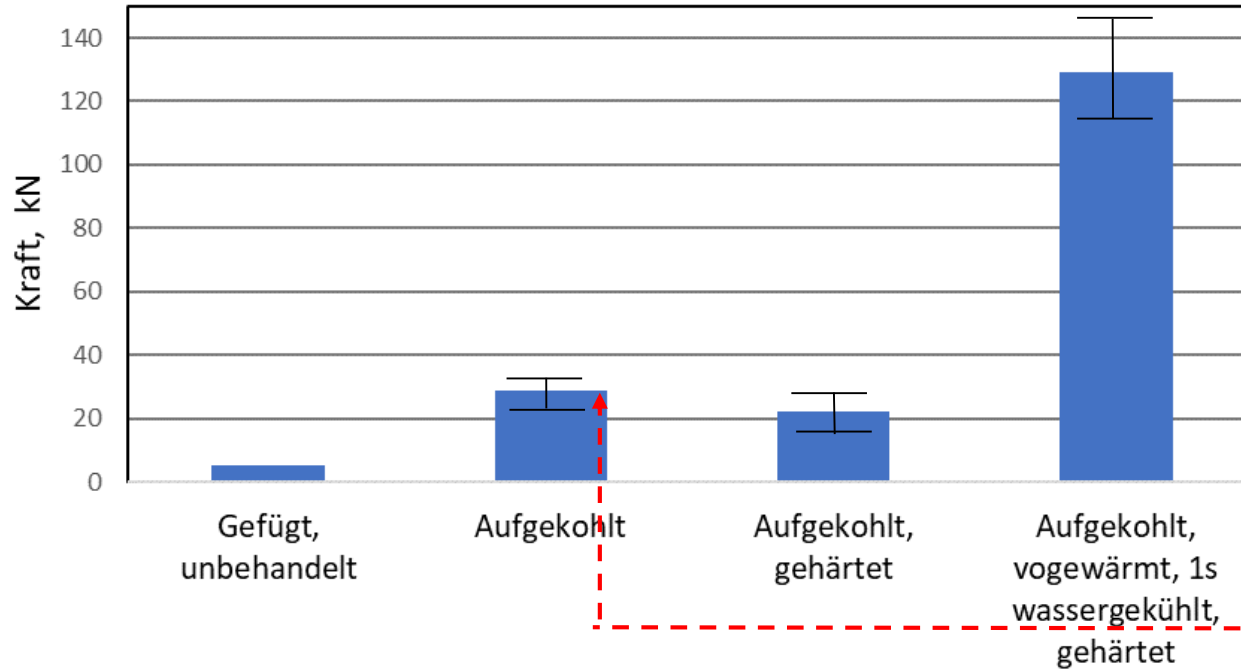


Auspresskraft bis Haftreibungsoberwindung

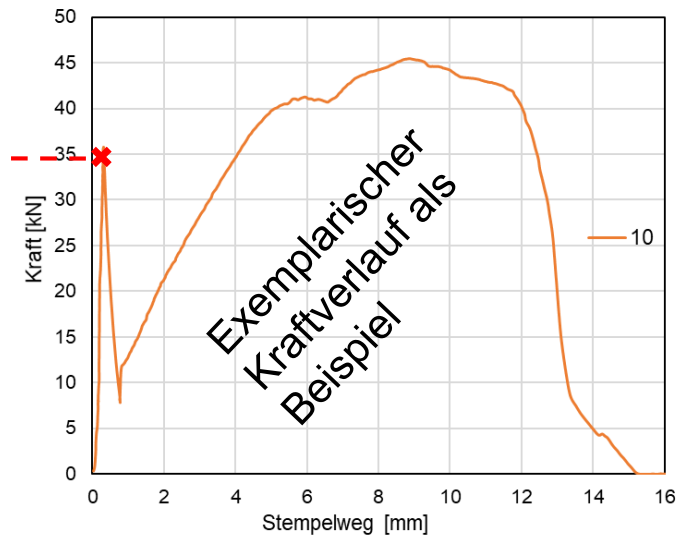


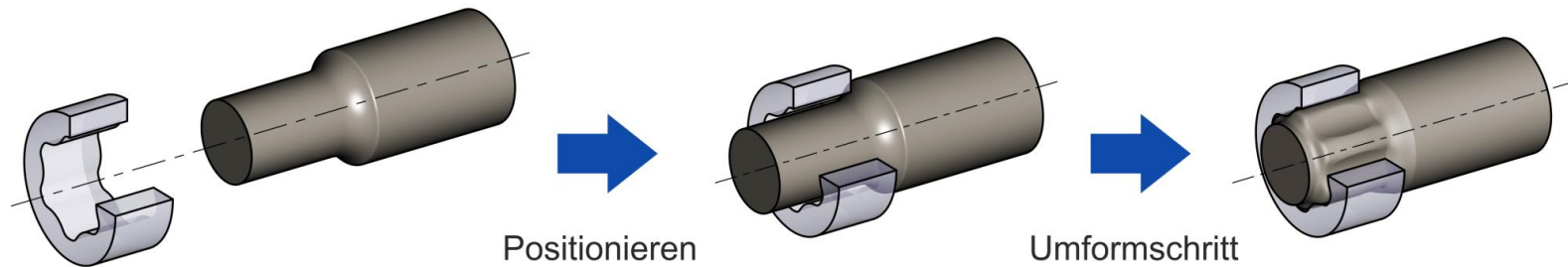
# Experimentelle Bestimmung der Verbundfestigkeit

Auspresskraft bis Haftungsüberwindung



Wärmebehandelte WNV mit Auspresskräften, die größer oder gleich sind als die Auspresskraft nach dem Fügen, erfüllen die Mindestanforderungen





## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

### **Tahsin Deliktas**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Abteilung Massivumformung  
Institut für Umformtechnik

Tel.: +49 (0) 711 685-82308

E-Mail: [tahsin.deliktas@ifu.uni-stuttgart.de](mailto:tahsin.deliktas@ifu.uni-stuttgart.de)

