

---

# Toleranzeinflüsse und Messstrategien in der virtuellen Prozesskette: Ansatz zur Abbildung von Trocknerprozessen im Karosseriebau

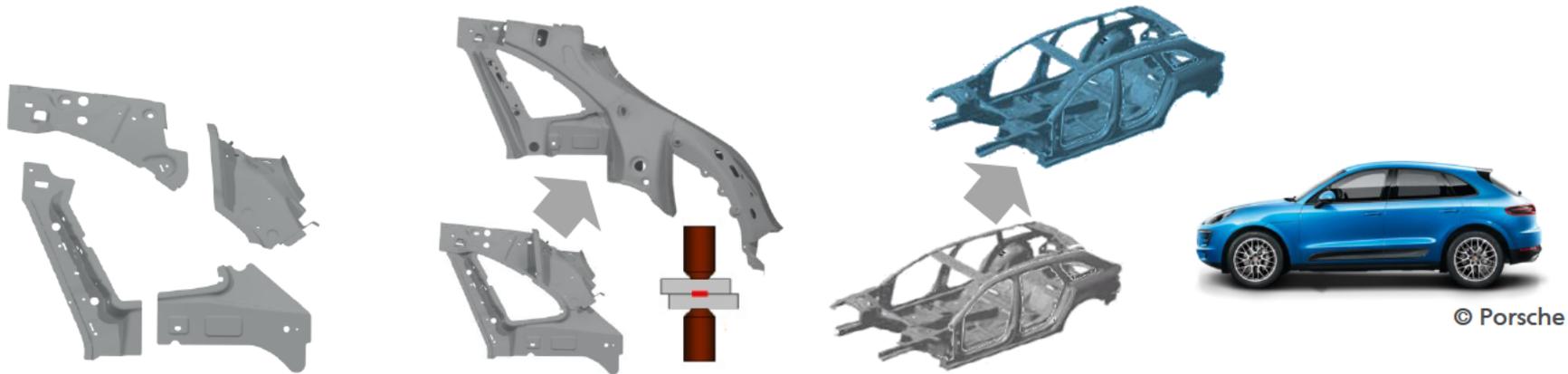
Patrick Ackert und Martin Hultsch; Fraunhofer IWU

e DACH  
Forum  
2015



# Stand der Technik

## Die Karosserieprozesskette



Einzelteilherstellung

Zusammenbau

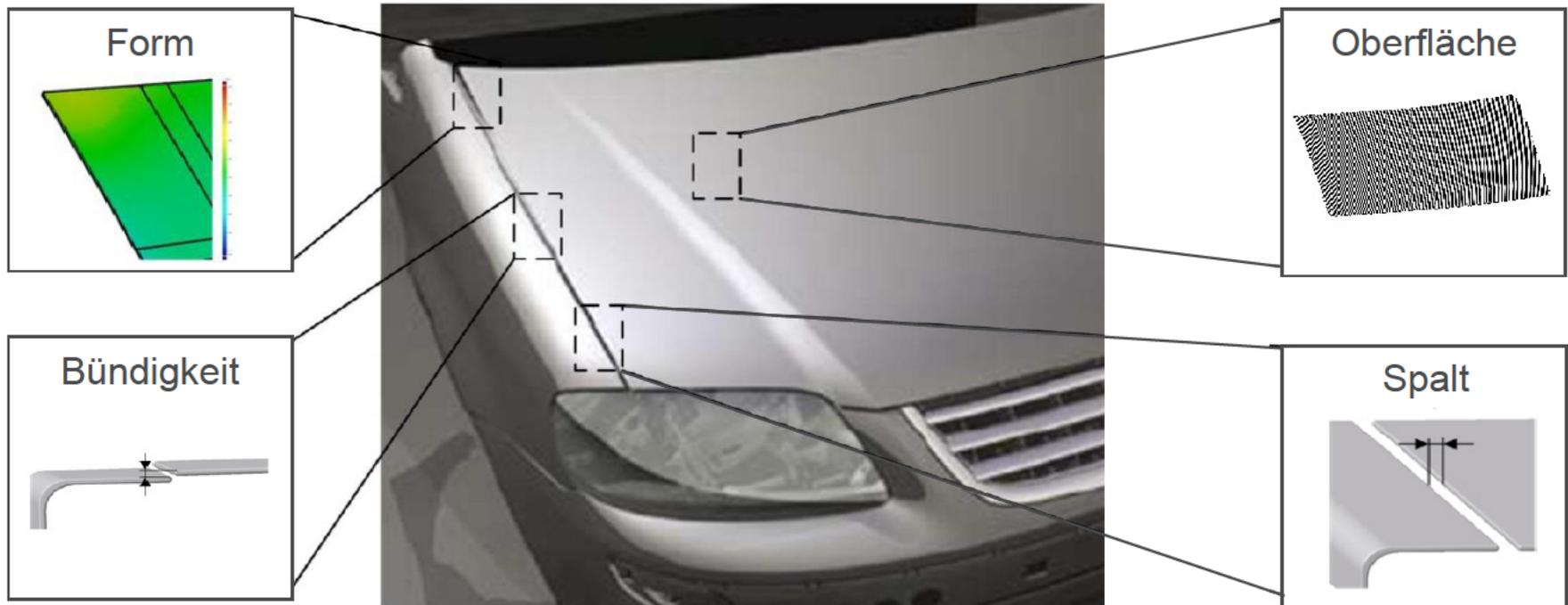
Lack und Ofen

Montage



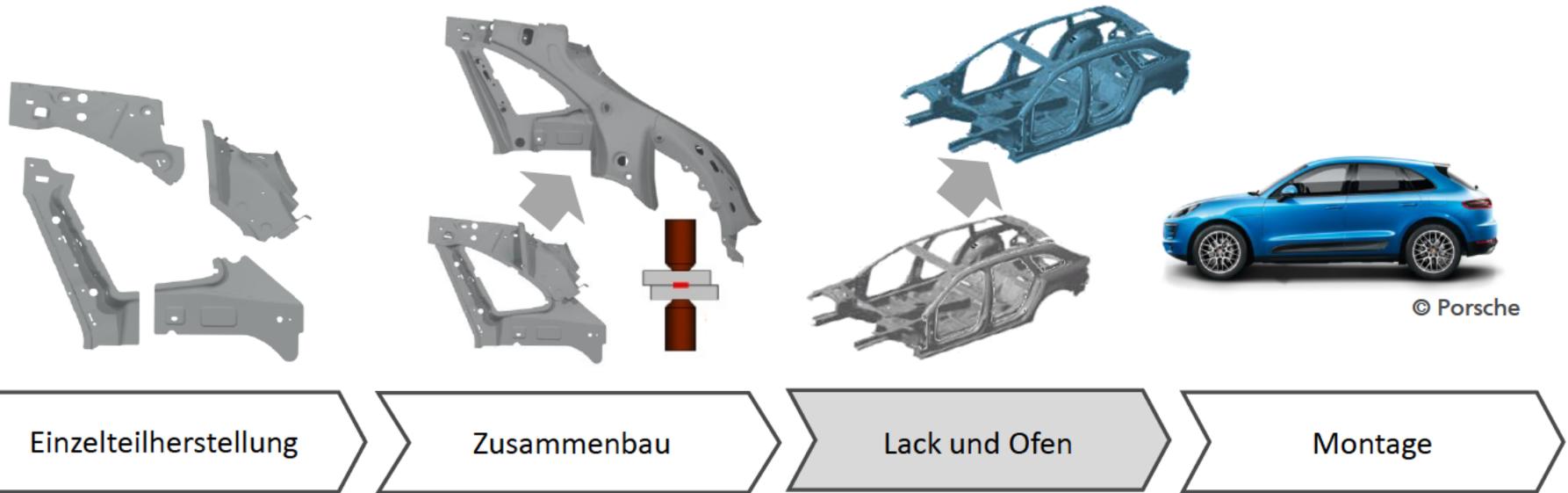
# Motivation

## Qualitätsmerkmale einer Fahrzeugkarosse



# Motivation

## Numerische Abbildung von Karosserieprozessen



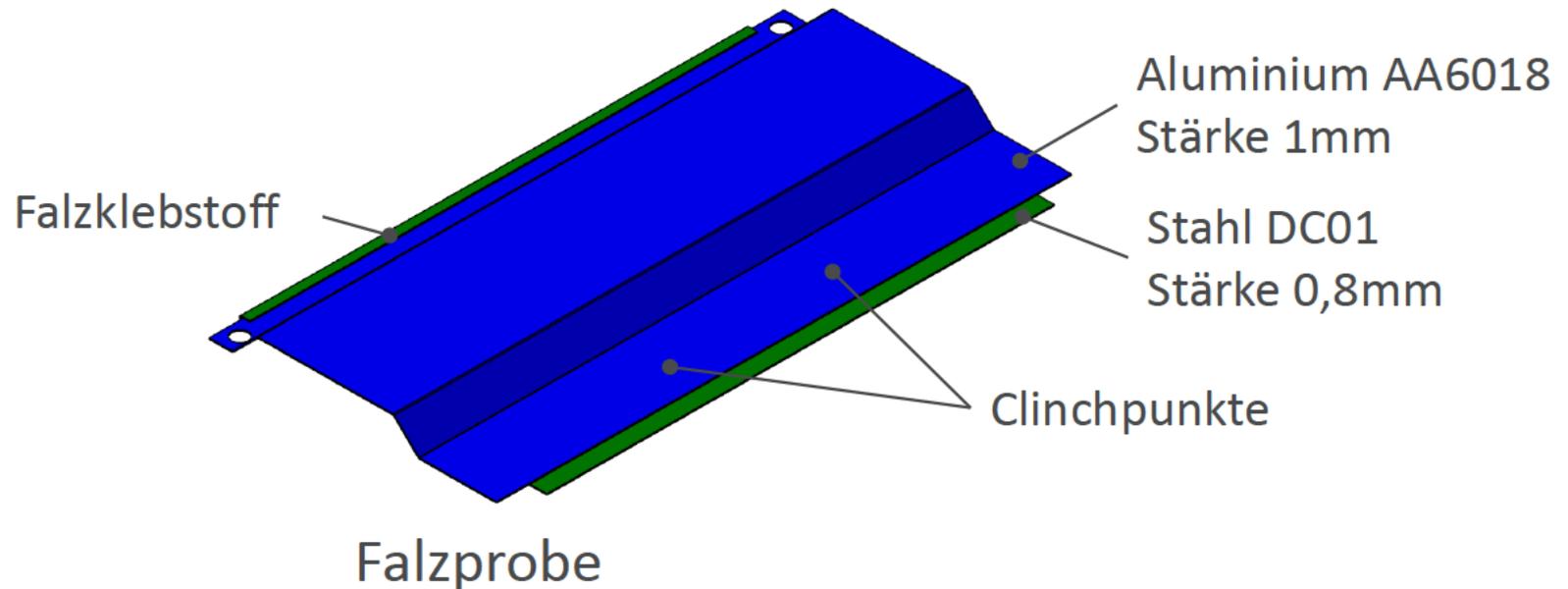
Entwicklung einer Methode zur numerischen Abbildung vom Klebstoffverhalten mittels Ersatzmodell

- Abbildung auf Basis CAD
- Solverlösung Abaqus
- **Bisher keine Lösungsansätze im PamStamp**
- **Keine Simulation mit Ist-Daten oder Umformhistorie**

# Zielsetzung

## Abbildung des thermischen Verzugs bei der Aushärtung

- Abbildung des Verzugsverhaltens einer Mischbauverbindung im KTL-Trocknerprozess am Beispiel einer einfachen Falzprobe

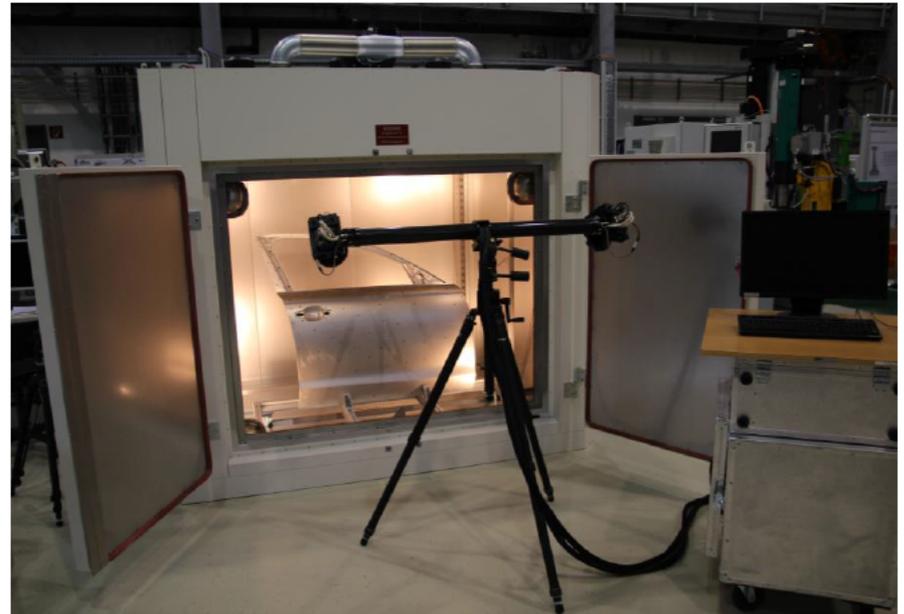


# Versuchsdurchführung

## Ofen zu Inlinemessung

Karosseriebauofen zur  
**Inlinemessung** des  
Deformationsverhaltens  
unter **thermischer Last**

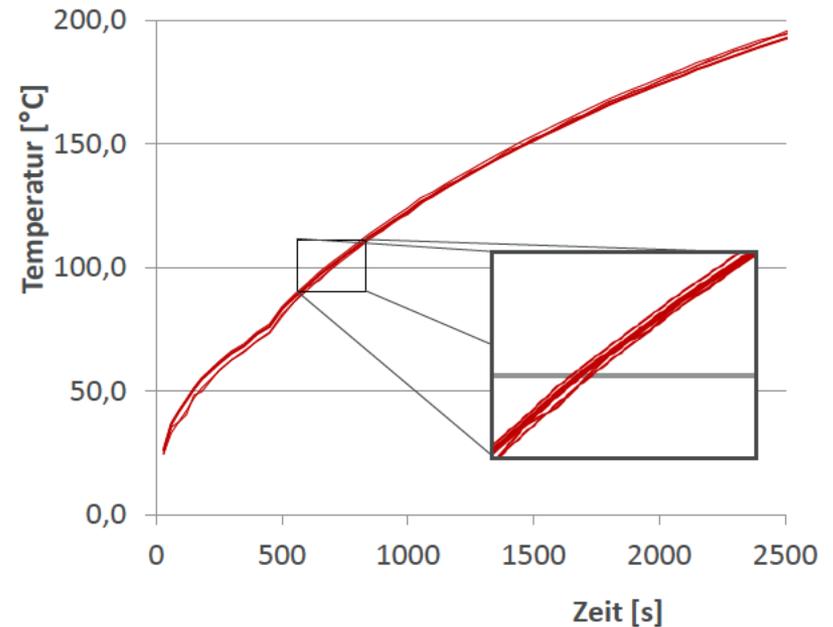
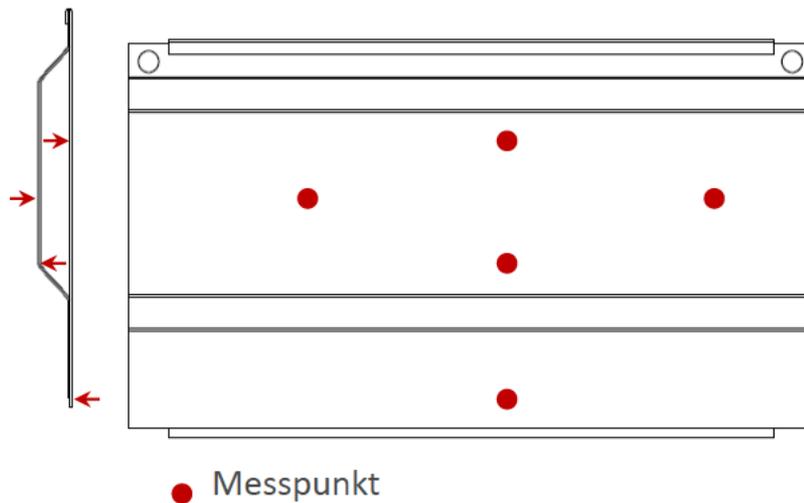
- Seriennaher Umluftofen
- Schwimmend gelagerte Spezialglasscheibe
- Messung mittels Point-Tracking (GOM Pontos)



# Versuchsvorbereitung

## Ermittlung der Temperaturverteilung

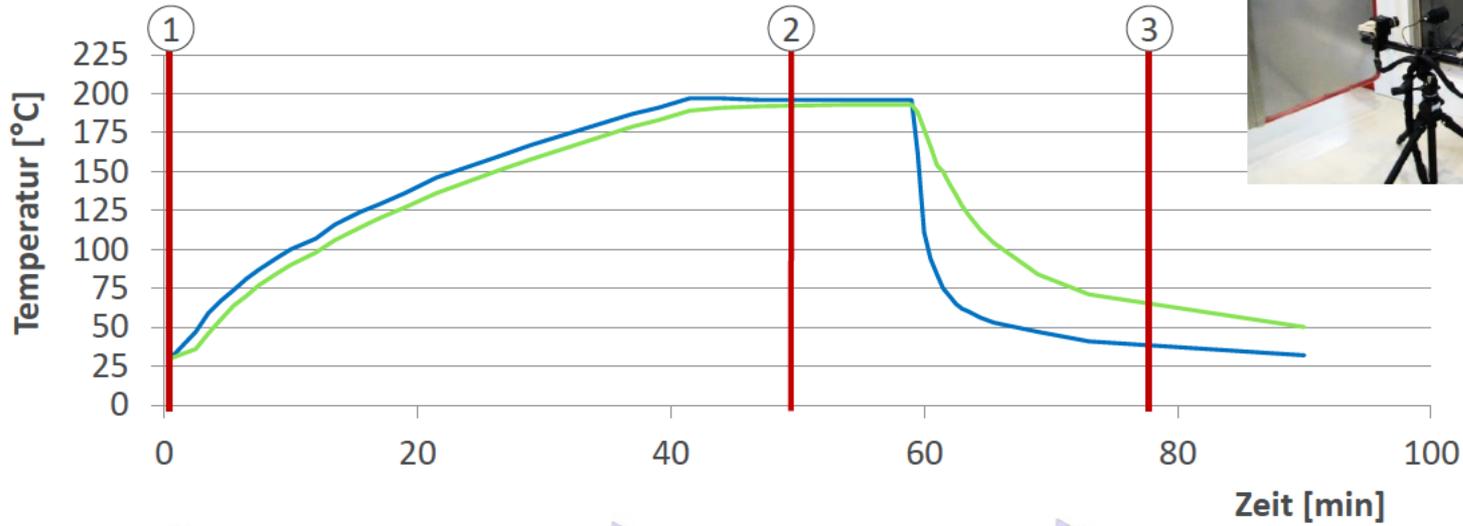
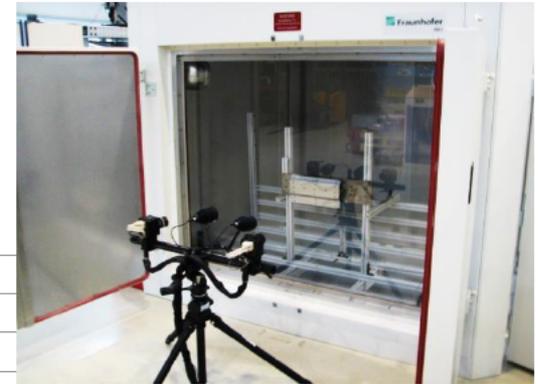
- Temperaturmessung an verschiedenen Punkten der Baugruppe während des Erwärmungsprozesses



- Differenz  $< 5 \text{ K}$   $\rightarrow$  Annahme einer homogenen Temperaturverteilung

# Versuchsdurchführung

## Inlinemessung Ofenverzug



— Lufttemperatur  
— Bauteiltemperatur

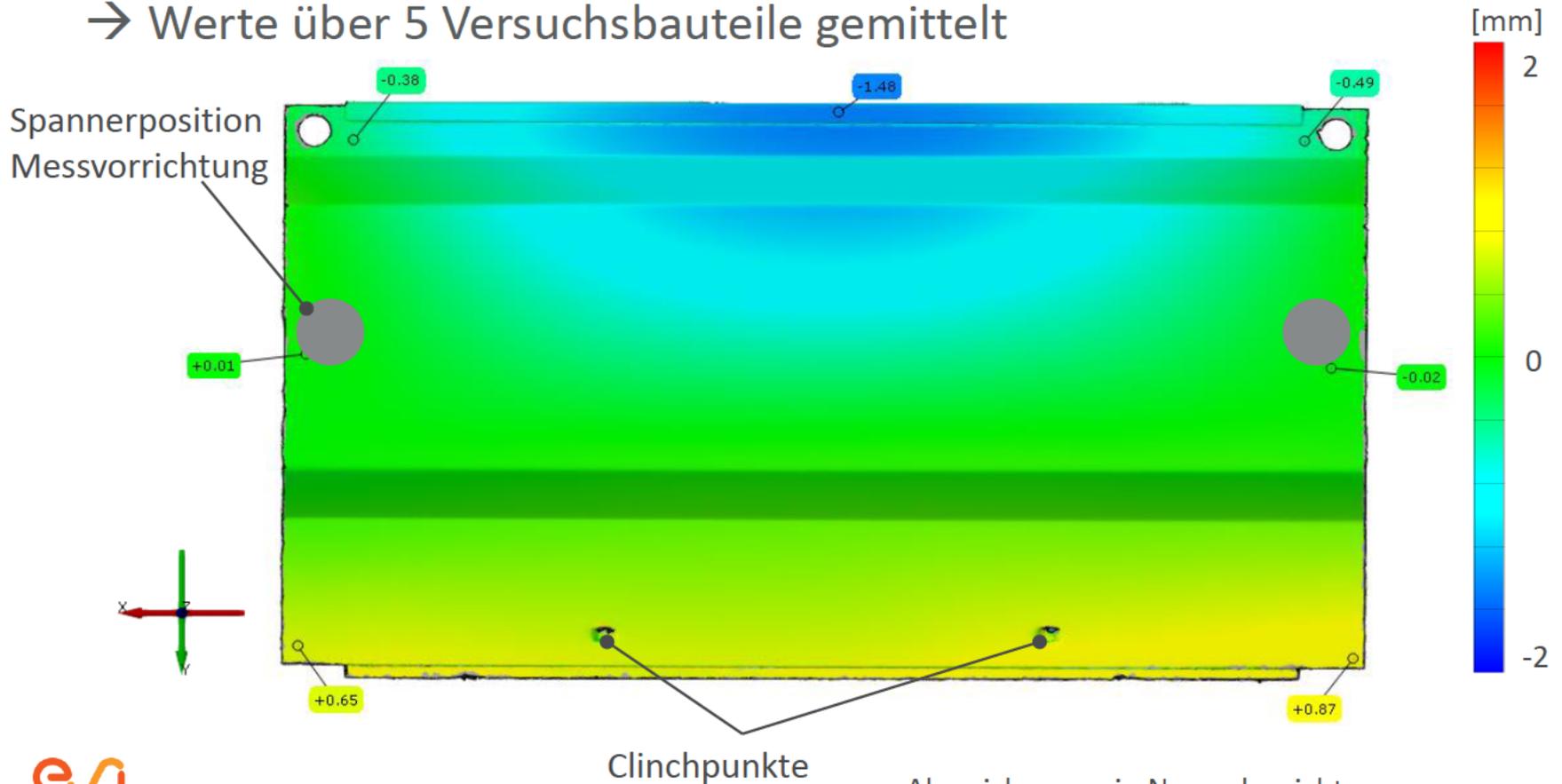


◆ Magnetische Aufnahmepunkte an Außenteilseite  
 Verschiebungsvektoren der Messpunkte auf dem Innenteil

# Versuchsdurchführung

## Vermessung der Deformation im Ofen

- Vergleich der Bauteilgeometrie vor und nach Ofenprozess  
→ Werte über 5 Versuchsbauteile gemittelt



# Simulation

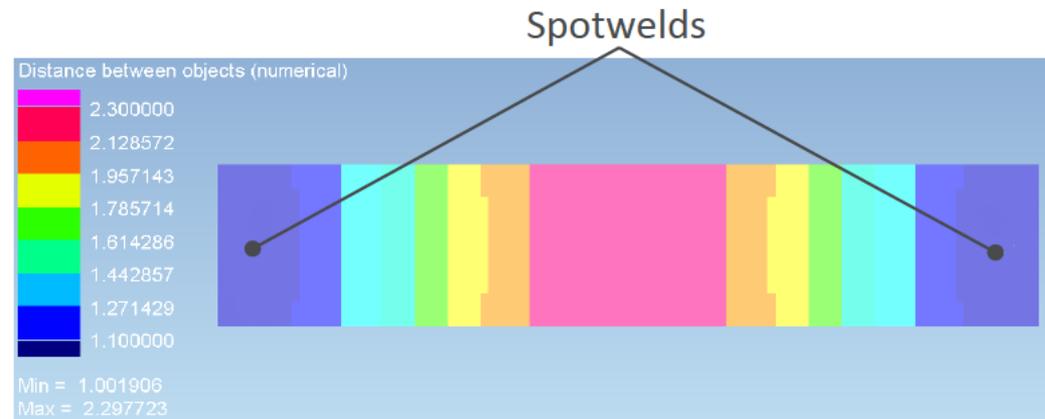
## Solverumgebung

- Solver ESI PamStamp 2G
- Schalenbasierte Simulation
  - aktive und passive Wirkflächen starr
  - elastisch/plastisch deformierbare Komponenten werden als Schalen der Mittelfaser dargestellt
- Verwendete Module: AutoStamp/Hotforming

# Simulation

## Simulation Bimetall-Effekt

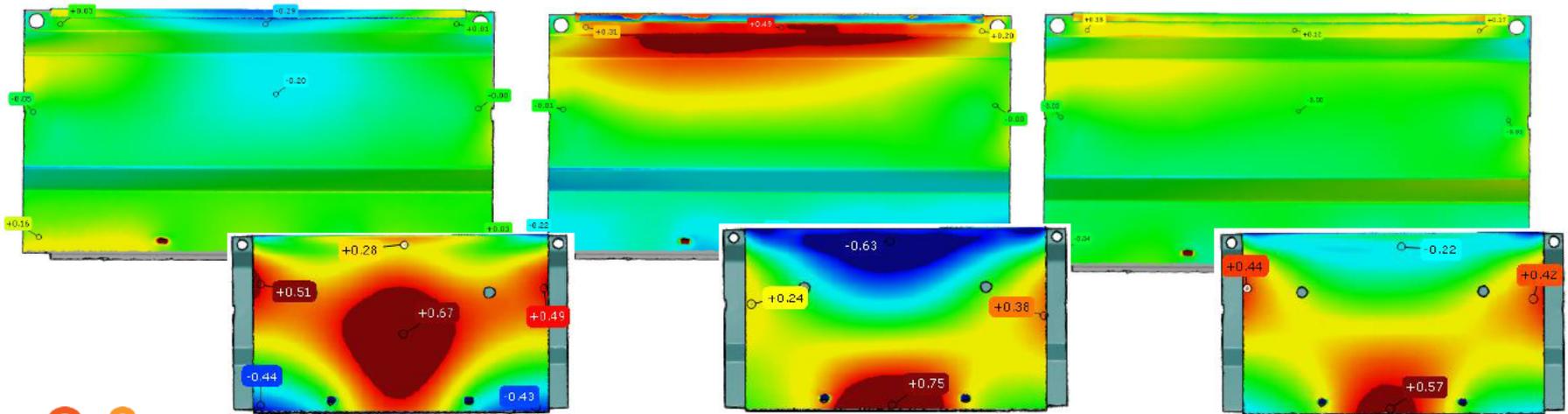
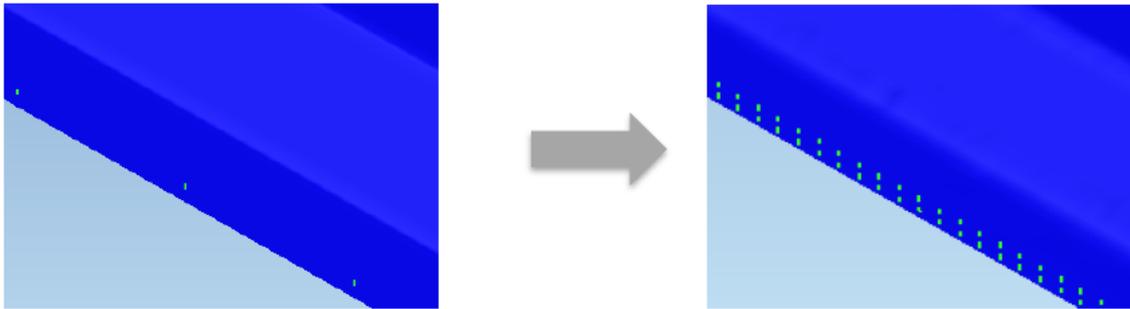
- Ausgangszustand
  - Aluminium und Stahlblech, nicht verbunden
  - Ausgangstemperatur 20°C
- Erwärmung der Bleche auf 200°C
- Springback, Verbindung der Bleche durch Spotwelds
- Abkühlung der Bleche auf 20°C
- Springback



Abstand zwischen den Blechen nach der Abkühlung

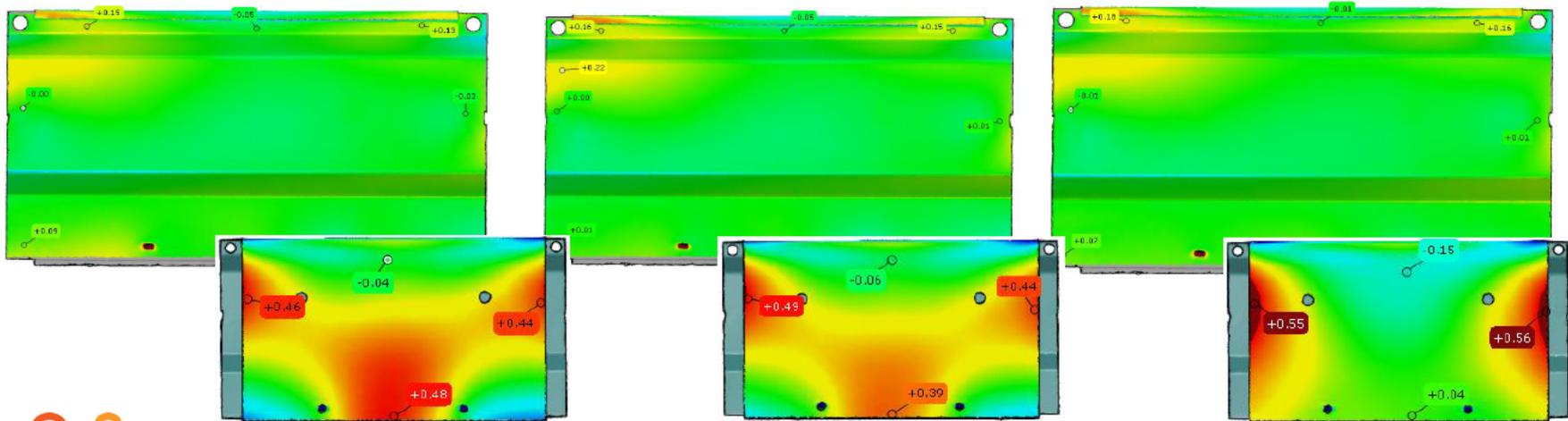
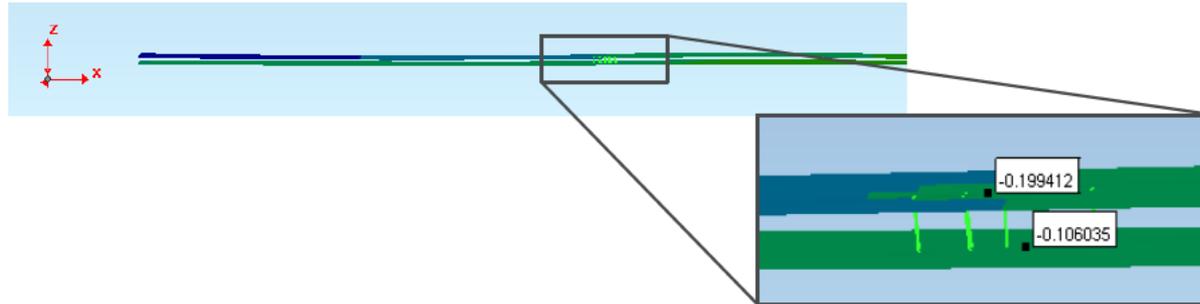
# Simulation

## Kalibrierung der Spotweldanordnung



# Simulation

## Kalibrierung der Spotweldsteifigkeit



# Simulation

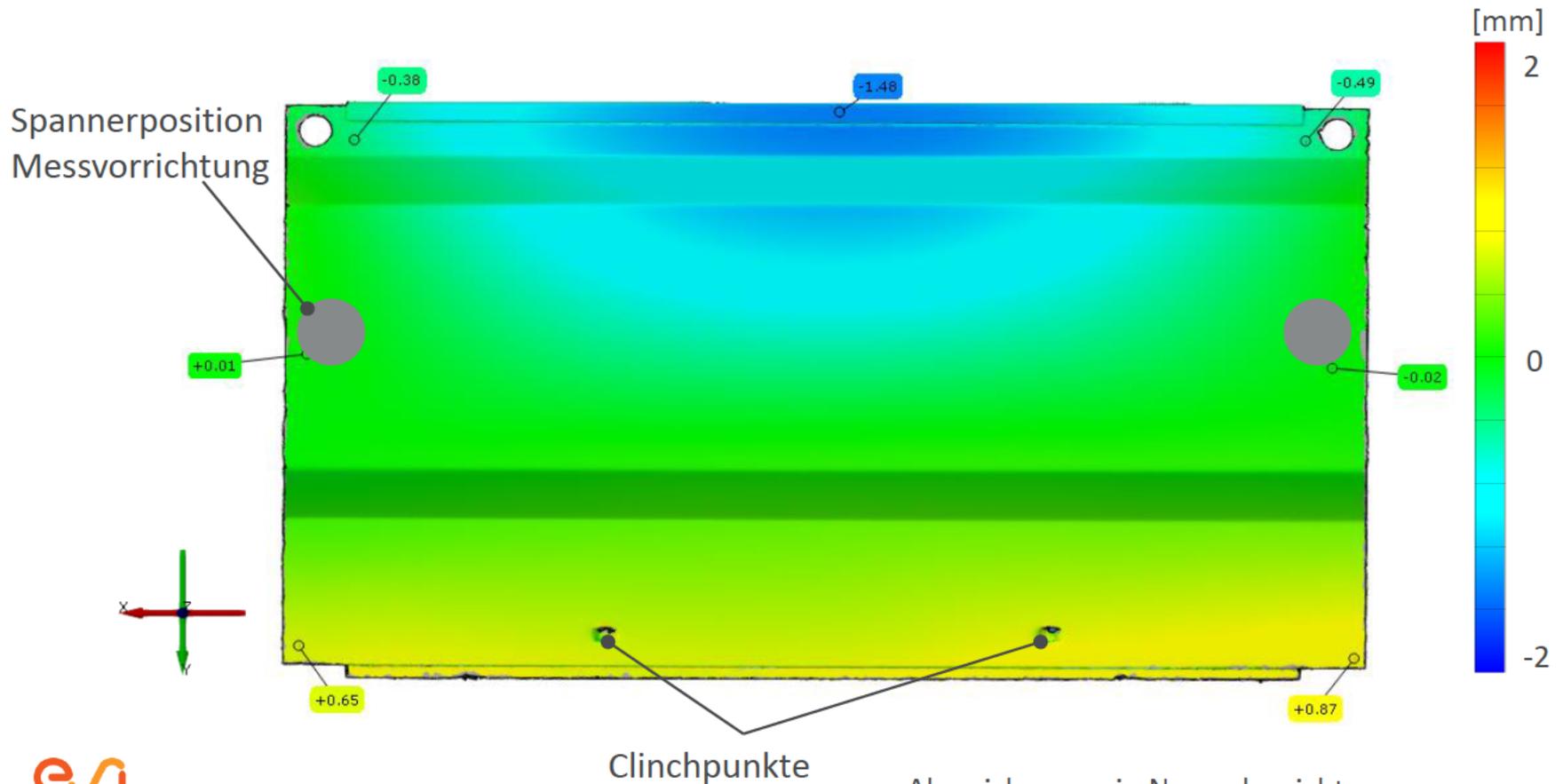
## Weiterführende Kalibrierungen

- Vernetzung
- Temperatur der Spotweldaktivierung
- Spotweldabstand zum Flansch
- Spotweldrichtung

# Auswertung

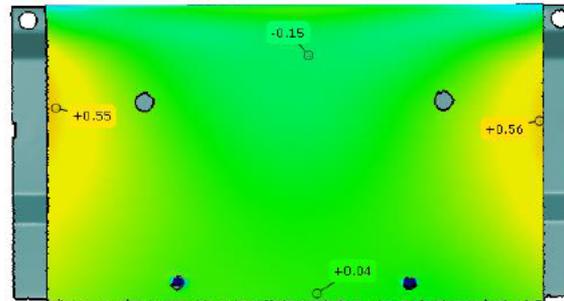
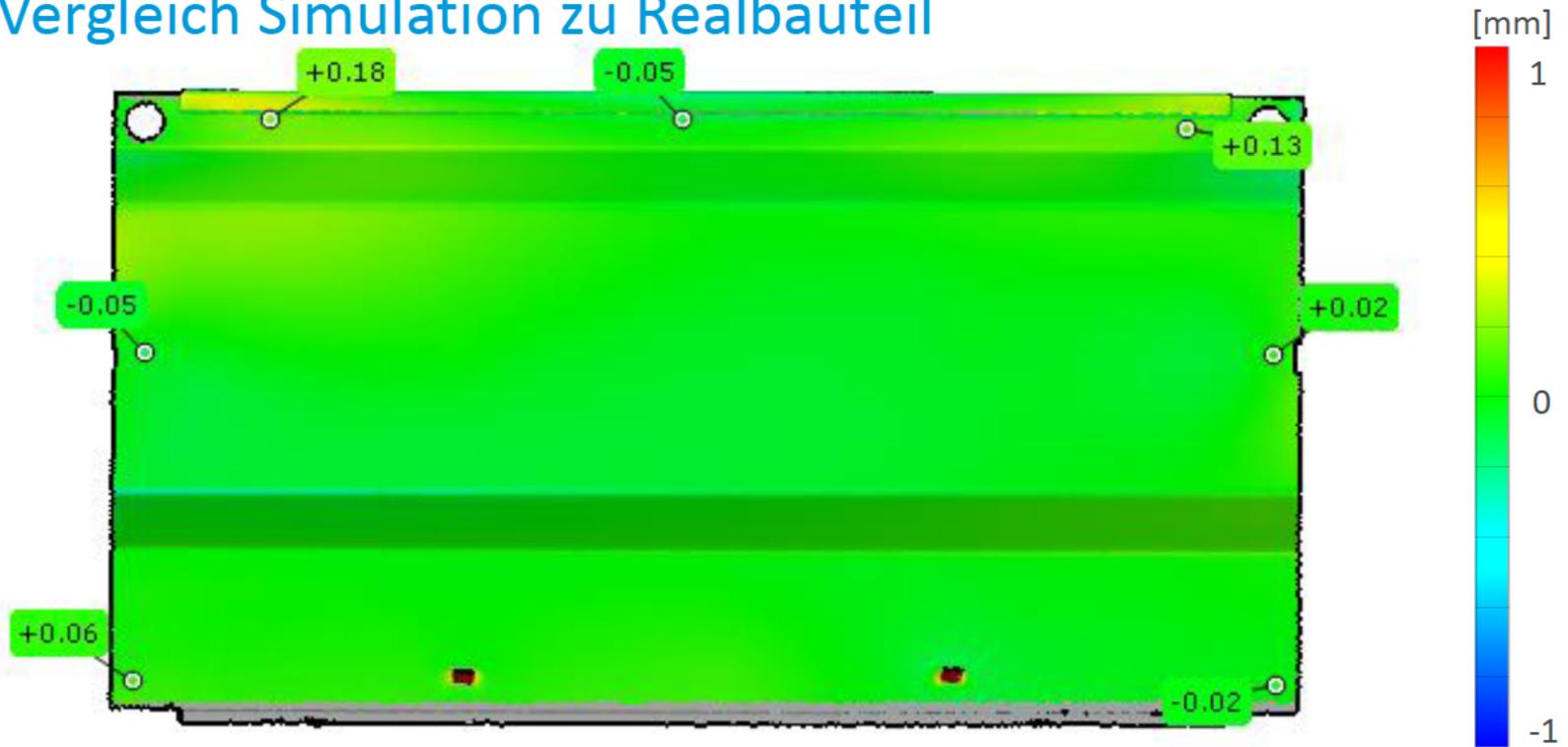
## Reminder Deformation im Realversuch

- Deformation der Probe um 1,5 mm



# Simulation

## Vergleich Simulation zu Realbauteil



Abweichungen in Normalenrichtung

# Simulation

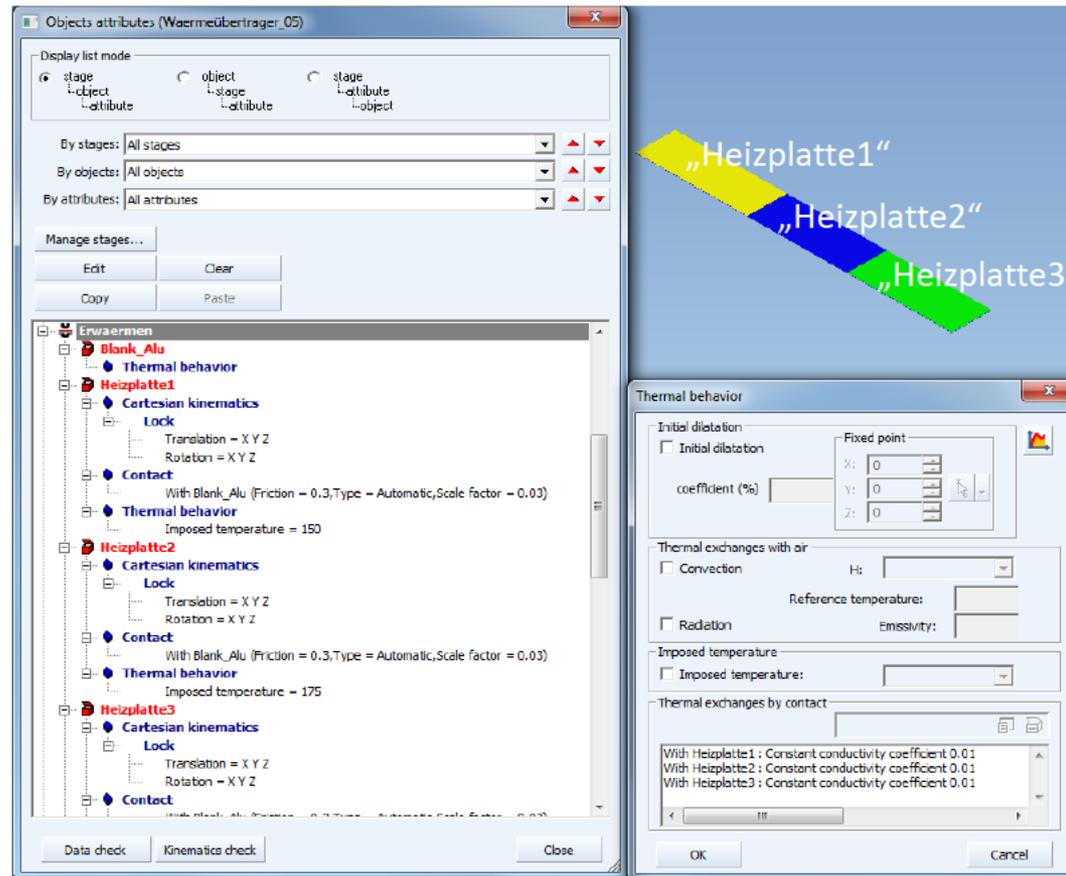
## Entwicklungspotenziale

- Integration des Fügeverzugs
- Simulation des Falzprozesses
- Methode zur Abbildung des Klebstoffspalts
- Anwendung auf komplexere Probe
- Integration der Temperaturverteilung
- Untersuchung der Übertragbarkeit (Klebstoffart/Auftragsvarianten)  
→ Ziel: Kalibrierprobenkörper zur Klebstoffcharakterisierung

# Simulation

## Erzeugung einer definierten Temperaturverteilung

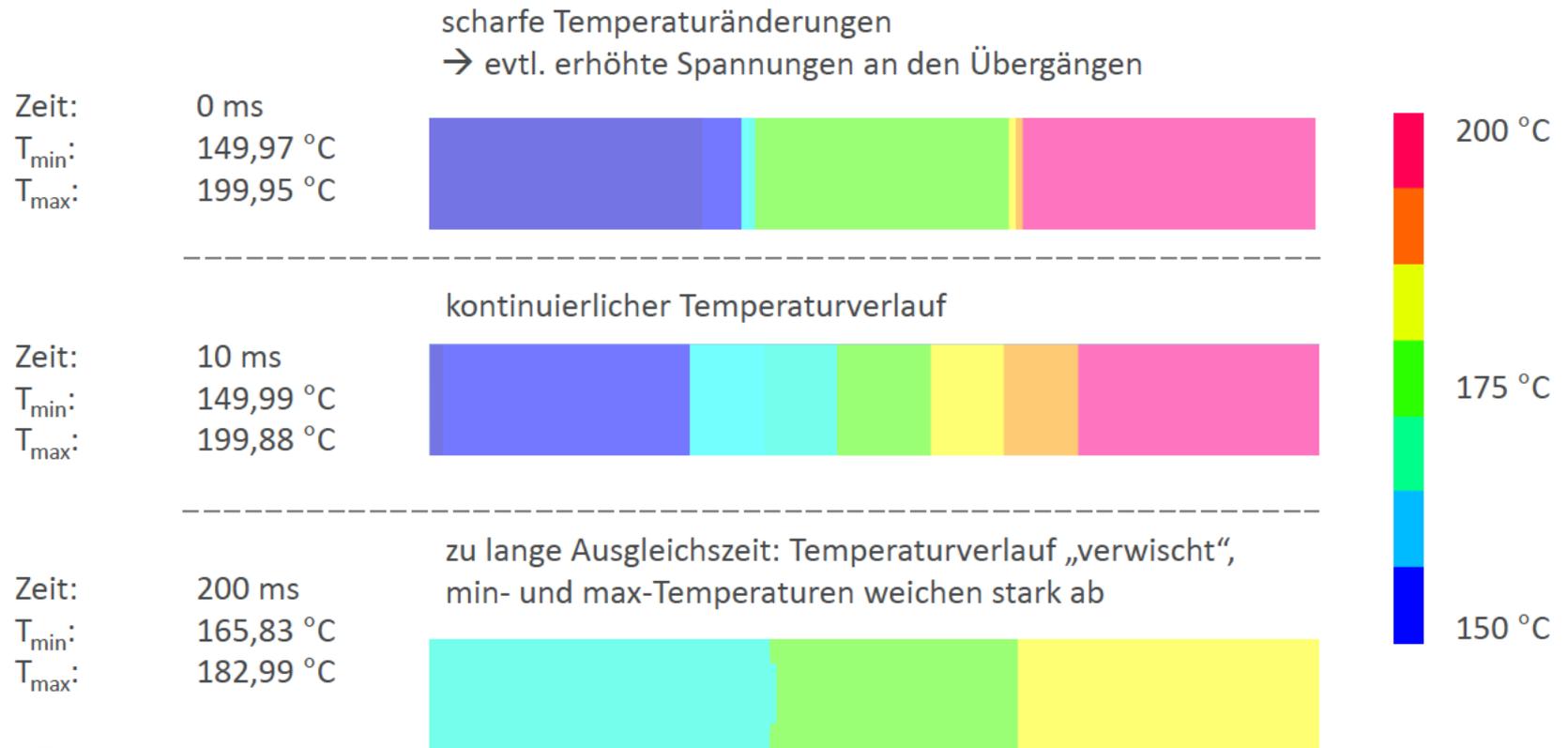
- Anordnung mehrerer Ersatzwärmequellen unterschiedlicher Temperatur



# Simulation

## Erzeugung einer definierten Temperaturverteilung

- Ausgleichsrechnung, um scharfe Temperaturübergänge abzubauen





**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit**

**und für die Unterstützung seitens ESI  
durch Jörg Baier und Martin Theiss**