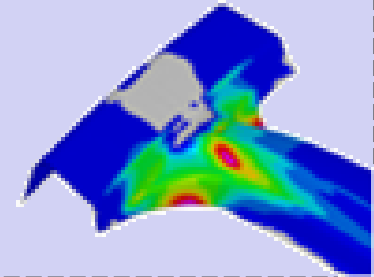


Warmumformsimulation mit LS-DYNA Theorie und Modellbildung

David Lorenz
DYNAmore GmbH

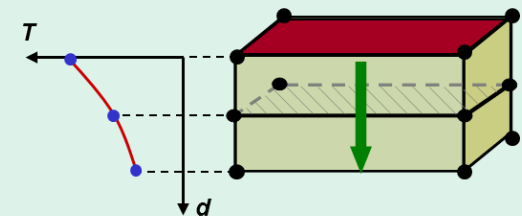
Hohe Vorhersagegüte erfordert detaillierte Abbildung wesentlicher Effekte

- Was sind wesentliche Effekte, die die Genauigkeit bestimmen ?
- Wie werden diese Effekte in der Simulation berücksichtigt ?

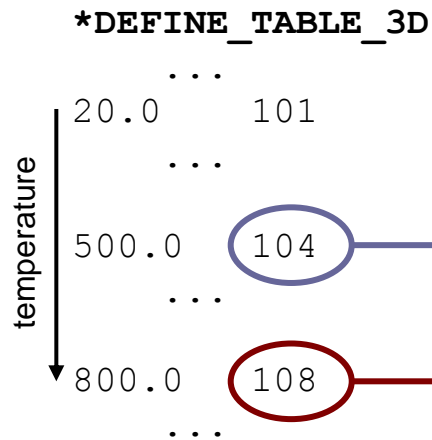


Simulation als Hilfsmittel des Prozessplaners erfordert effiziente Modellansätze

- Einfache Werkzeugmodellierung ohne Genauigkeitsverlust ?
- Numerische Maßnahmen zur Verkürzung der Rechenzeit ?

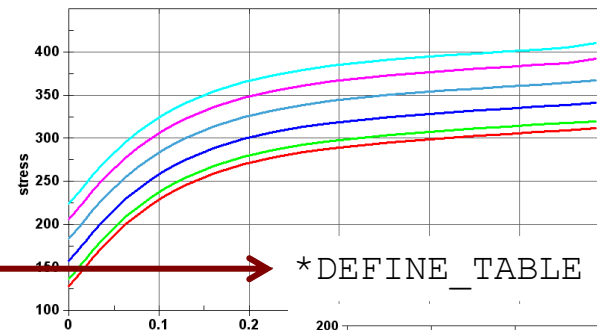


Genaue Umformsimulationen sind nur mit temperaturabhängiger Viskoplastizität möglich.

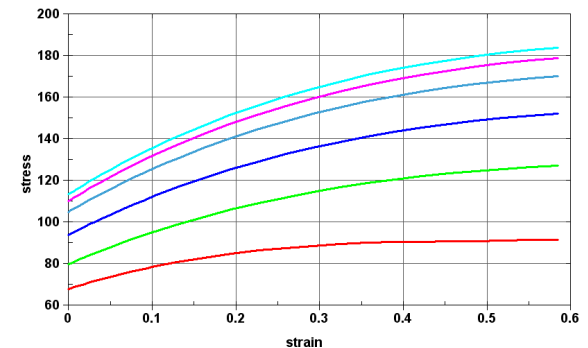


Für jede Temperatur
dehnratenabhängige Fließkurven

*DEFINE_TABLE



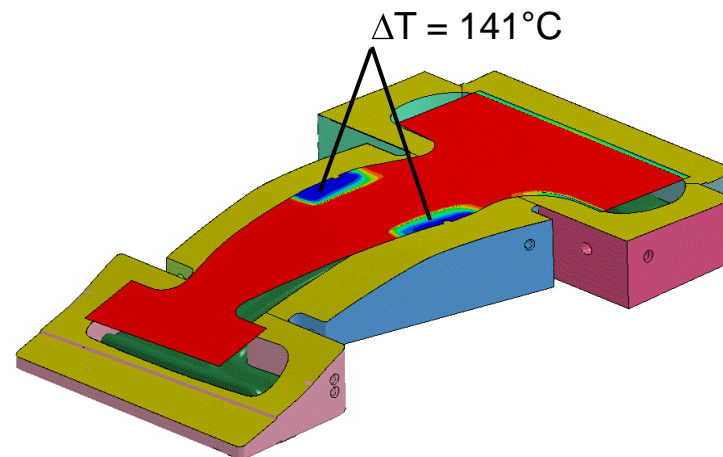
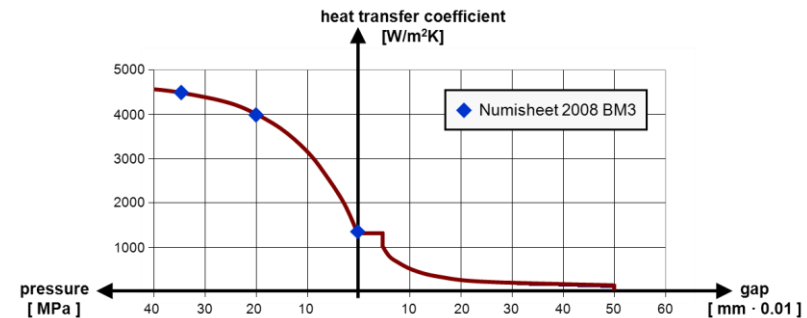
*DEFINE_TABLE



TABLE_3D kann in *MAT_106 oder *MAT_244 verwendet werden

Temperaturabhängiges Materialverhalten erfordert eine genaue Berechnung der inhomogenen Platinentemperatur im Werkzeug.

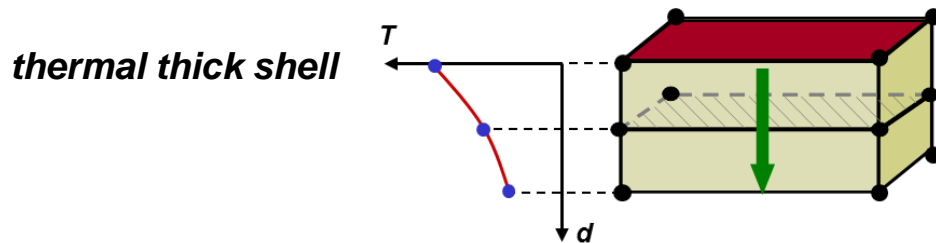
- Wärmeabgabe an die Werkzeuge
 - Kontakt, druckabhängig
 - Spaltwärmeübergang
- Wärmeabgabe an die Umgebung
 - Wärmestrahlung
 - Konvektion



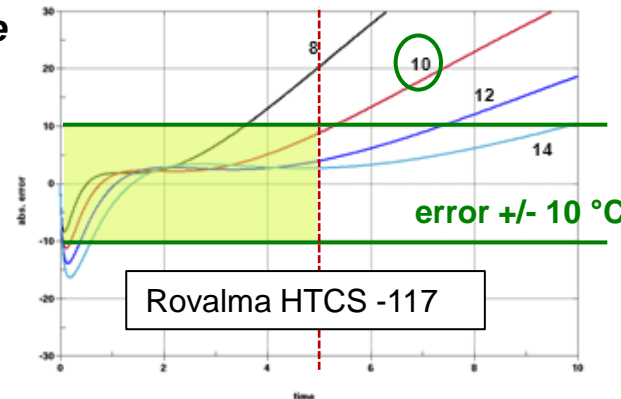
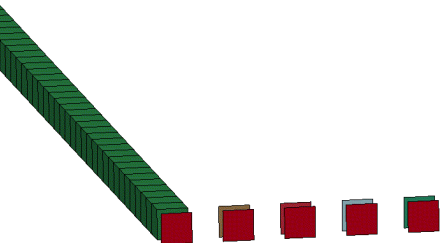
Die Wirkflächentemperatur beeinflusst den Wärmestrom vom Blech ins Werkzeug in den Kontaktzonen.

$$\dot{q}_{cont} = h_{cont} \cdot T_{blank} - T_{tool}$$

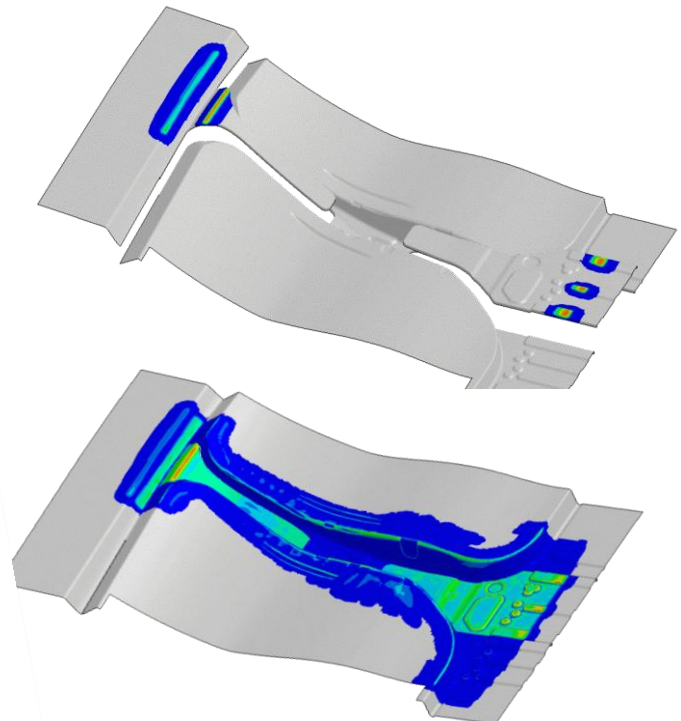
Beispiel Werkzeugtemperatur vor und nach der Umformung



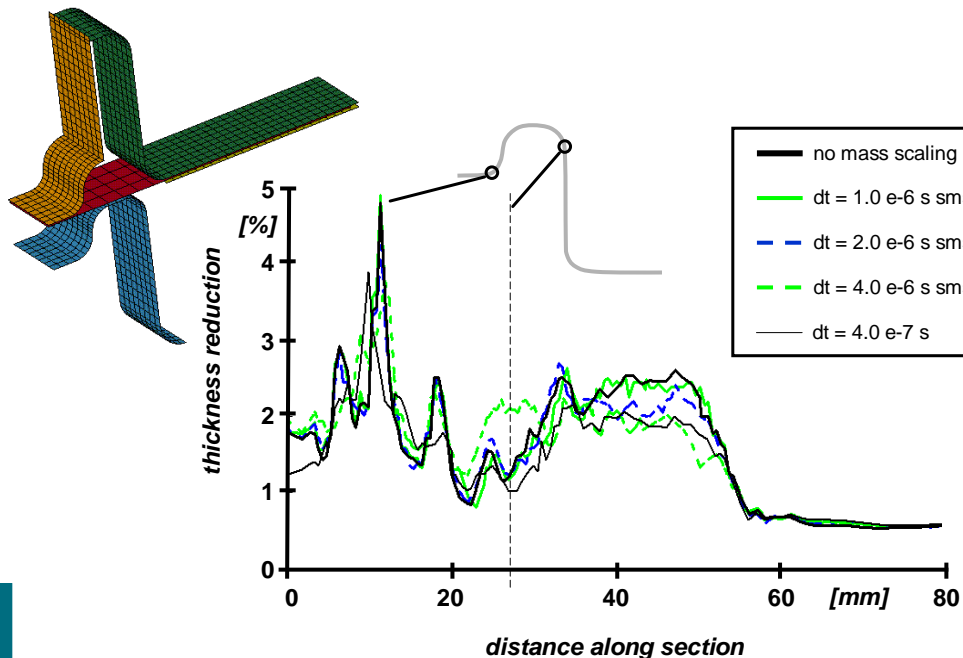
Kalibrierung Schalendicke



max. contact time ~5s



- Diskretisierung der Werkzeuge mit starren Schalenelementen
 - trotzdem Wärmeleitung im Werkzeug berücksichtigt
 - einfacher Modellaufbau, analog zur Kaltumformung
- Statisch implizite Schwerkraftberechnung mit `*CONTROL_IMPLICIT_FORMING`
- Selektive Massenskalierung für schnelle explizite Umformsimulation



Vergleich:

1. Referenz ohne mass scaling
2. konventionell mit max. 64% mass increase
3. selective mass scaling mit max. 1842%
 - sms genauer als konventionell
 - Rechenzeit sms 32% von konventionell

Warmumformsimulation mit LS-Dyna in Theorie und Praxis

Filderstadt 2011

Dr.-Ing. Hubert Verhoeven

Dr.-Ing. Philipp Weigert

Dr.-Ing. Hansjörg Kurz

Volkswagen AG, Wolfsburg

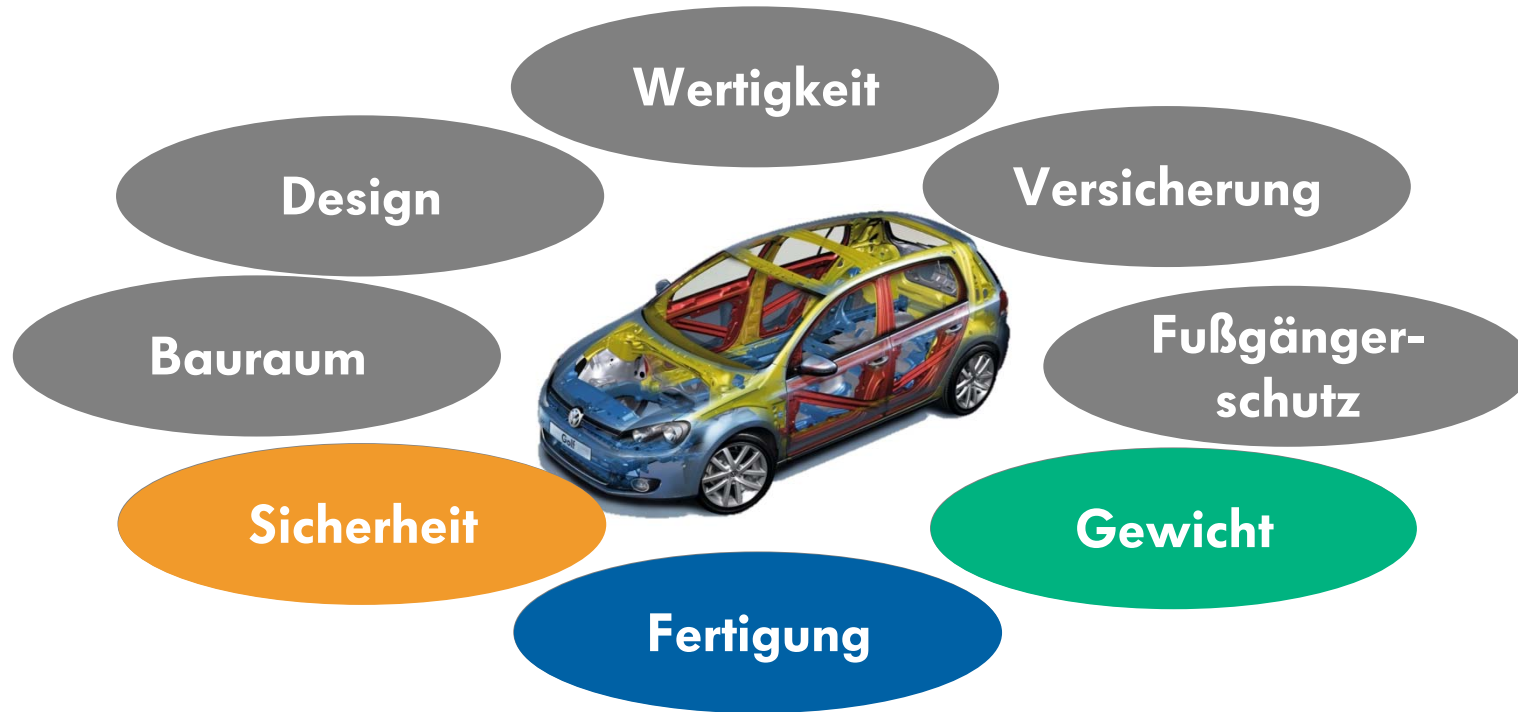


Agenda

- 1 Einleitung, Produktanforderungen Automobil
- 2 Warmumformung bei Volkswagen
- 3 Herstellungsverfahren
- 4 Absicherung durch Simulation

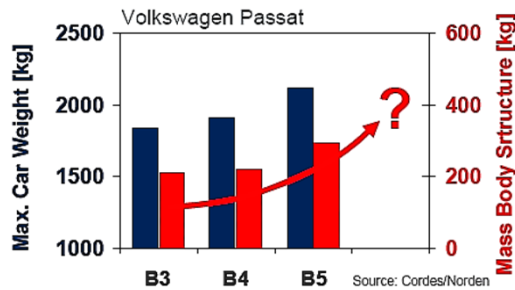


Produktanforderungen Automobil



Motivation für den Einsatz von formgehärteten Bauteilen

Trend: Zunahme der Gesamtfahrzeuggewichte

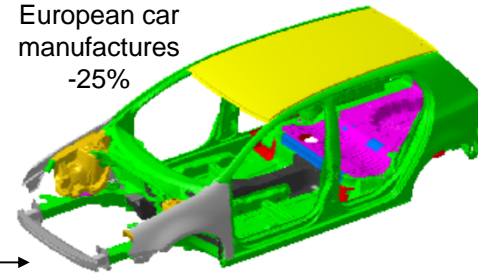
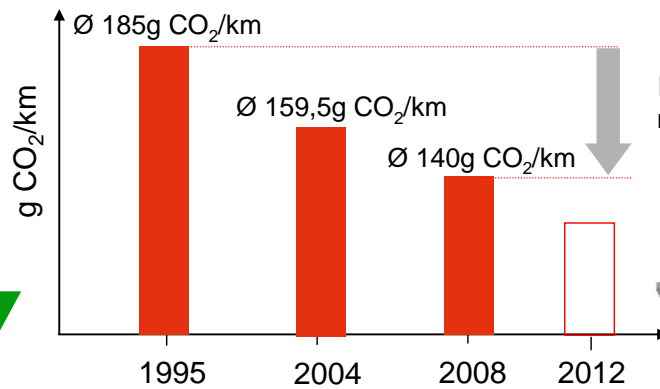


Quelle: VW (Entwicklung Projekte Karosserie, EKK/P)

Kundenanforderungen

- Komfort und Sicherheit
- Fahrdynamik
- Qualität und Design

Trend: Leichtbau



SuperLightCar

Legislative

- Gesetze
- Verordnungen
- Emissionen (CO₂, ...)
- Kosten



Warmumformung

Motivation zur in-house Produktion von formgehärteten Bauteilen

Chancen / Potentiale

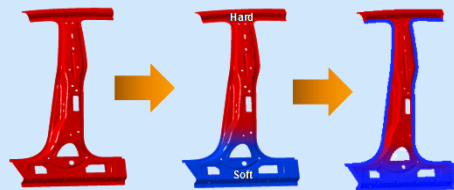
Gewichtsreduzierung



Sicherheit und Crashperformance



Maßgeschneiderte Bauteil-eigenschaften



Herausforderungen:

Quelle: VW (Markenlabor, GQL)

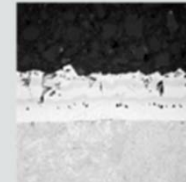
Prozessvarianten



Werkstoff-eigenschaften



Oberfläche & Korrosion



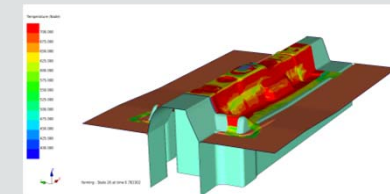
Qualität & Prüfverfahren



Bauteilbeschnitt



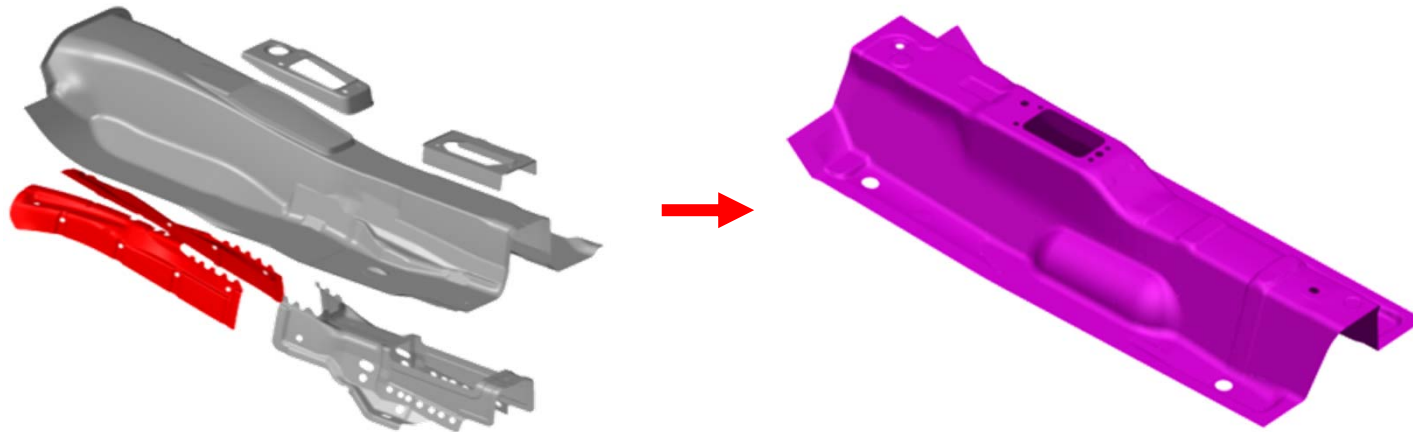
Simulation



Leichtbaupotentiale durch Formhärten

Leichtbau mit ultrahochfesten, formgehärteten Strukturteilen

Beispiel Tunnel



Passat B6 konventionell (Konzeptvariante)

Passat B6 formgehärtet (Serie)

- Keine Verstärkungen erforderlich
- Blechstärke reduziert
- ✓ **Gewichtseinsparung: 5,1 kg**

Gesamte Gewichtseinsparung Passat B6 (BIW) durch den Einsatz warmumgeformte Stähle
ca. 25 kg

Formhärten im Werk Kassel

Werk Kassel

- Weltweit erste Formhärteanlagen bei einem Automobilhersteller
- 7 Formhärteanlagen mit Rollenherdöfen und Hydraulikpressen
- Einstufiges und zweistufiges Verfahren
- 28 3D-Laserschneidanlagen



Erhitzte vorgeformte Bauteile
(zweistufiges Verfahren)



Rollenherdofen FHL 7

Quelle: VW (Presswerk Kassel, HK-F)

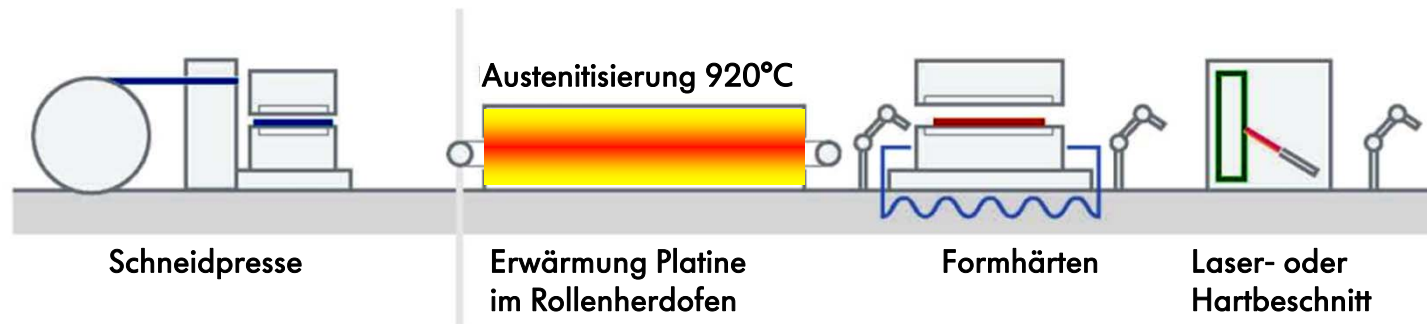


Erhitzte Platinen in die Presse
(einstufiges Verfahren)

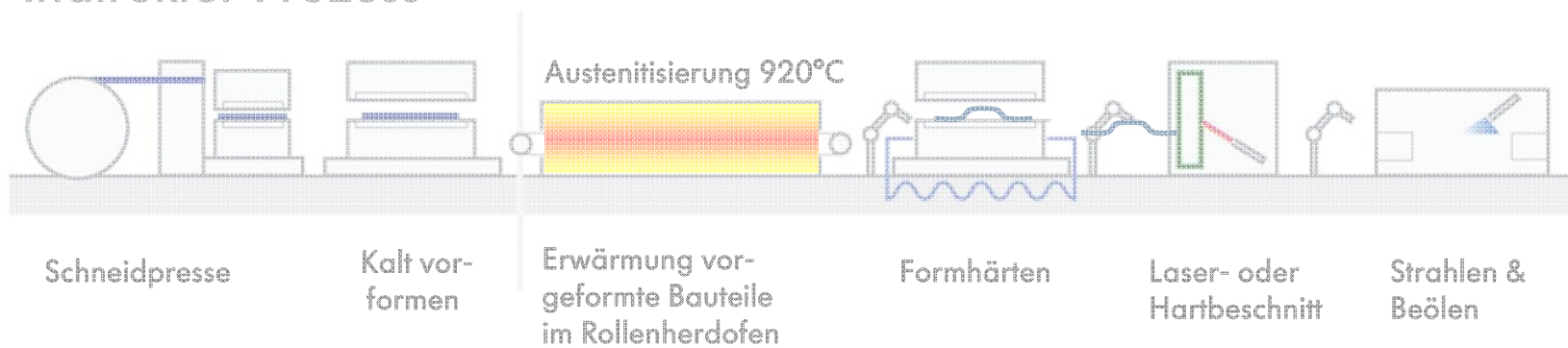
Prozessschritte

1-stufiger (direkter) und 2-stufiger (indirekter) Prozess

direkter Prozess



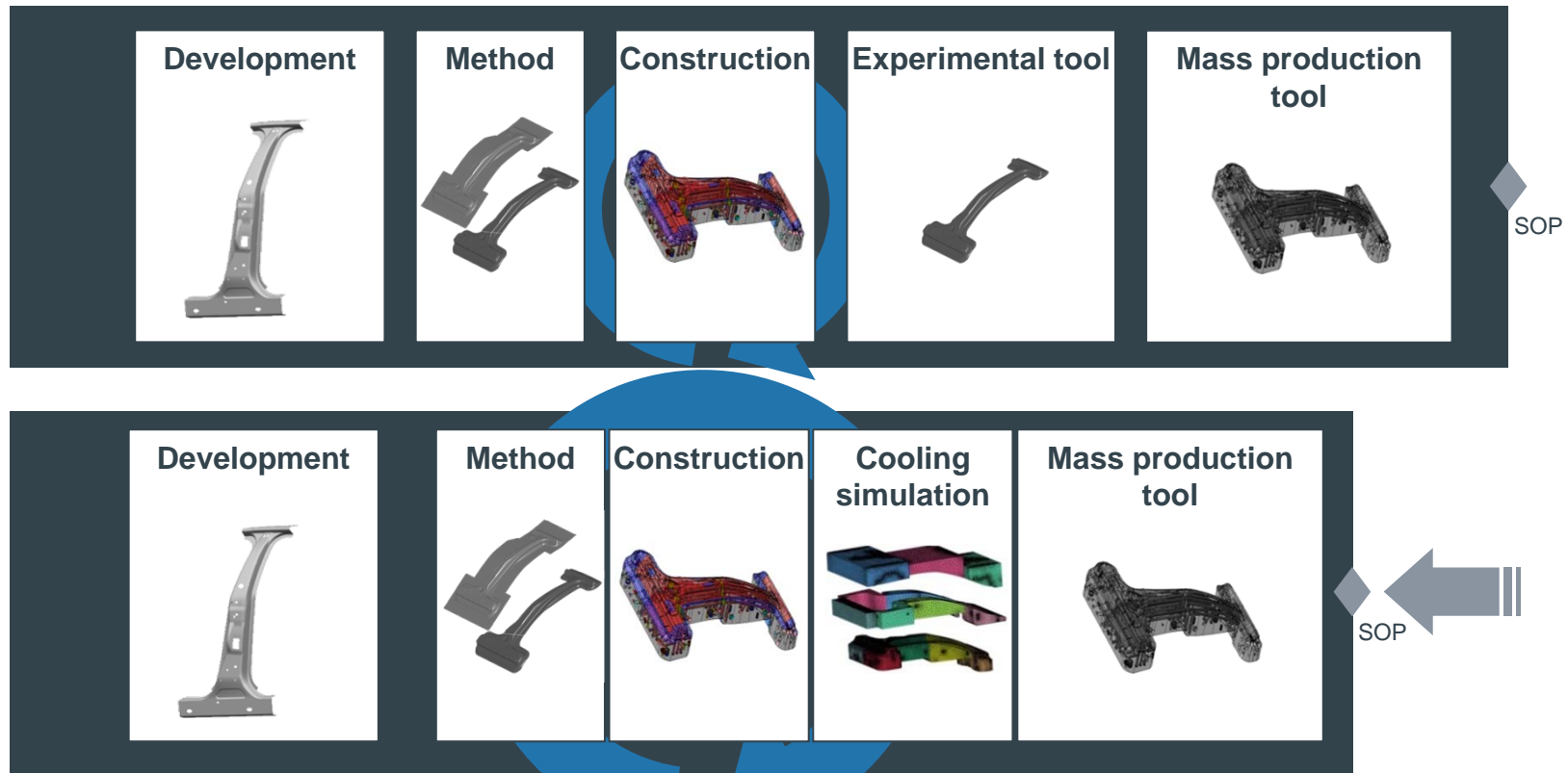
indirekter Prozess



Quelle: VW (Presswerk Kassel, HK-F)

Simulation warmumgeformtes Einzelteil

Reduzierung der Werkzeuganfertigungszeit durch Simulation

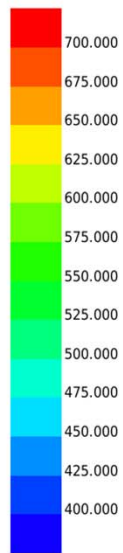


Quelle: VW (Forschung Werkstoffe und
Fertigungsverfahren, K-EFW/F)

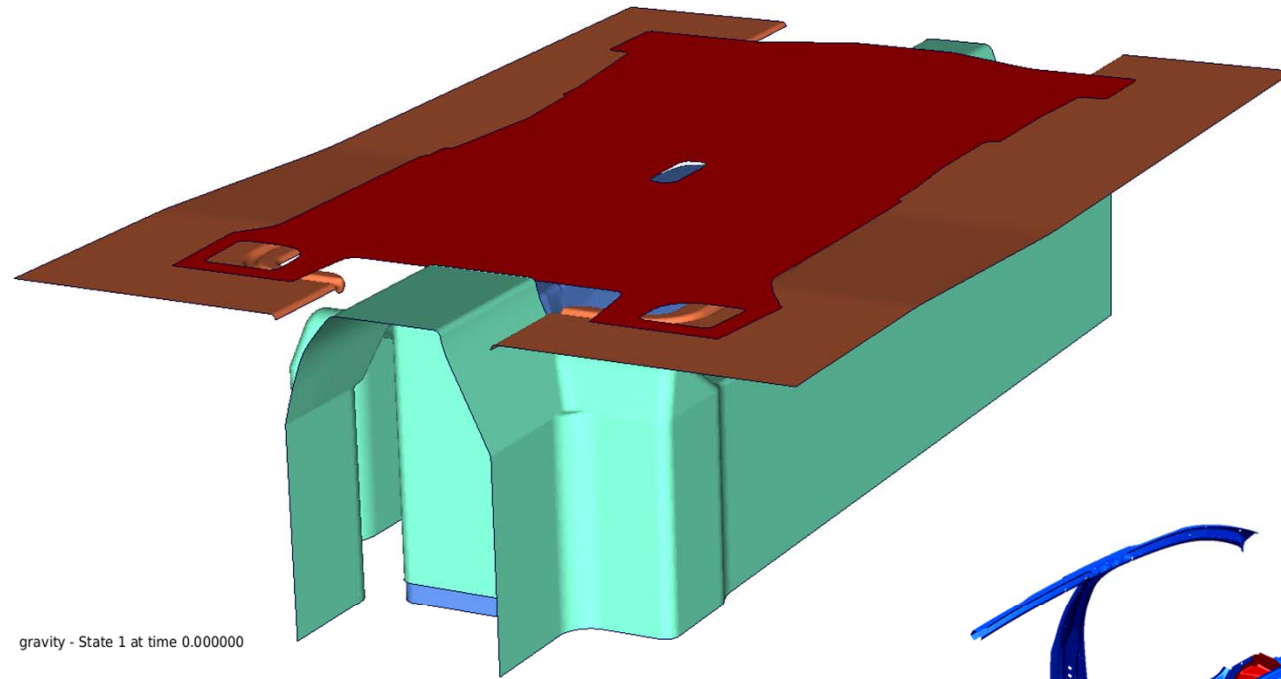
Warmumformsimulation Tunnel PQ-46 - Einlegen

Stand: 05.09.2011; Verfasser: Dr. Verhoeven, Tel: 84374, Dr. Weigert, Tel: 122502

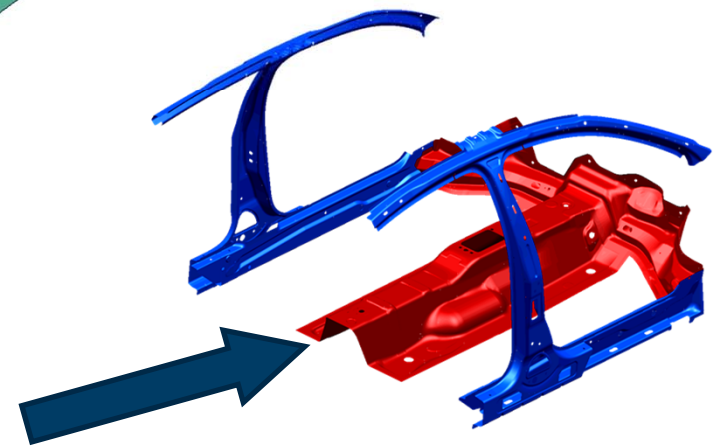
Temperature inner (Node)



gravity - State 1 at time 0.000000

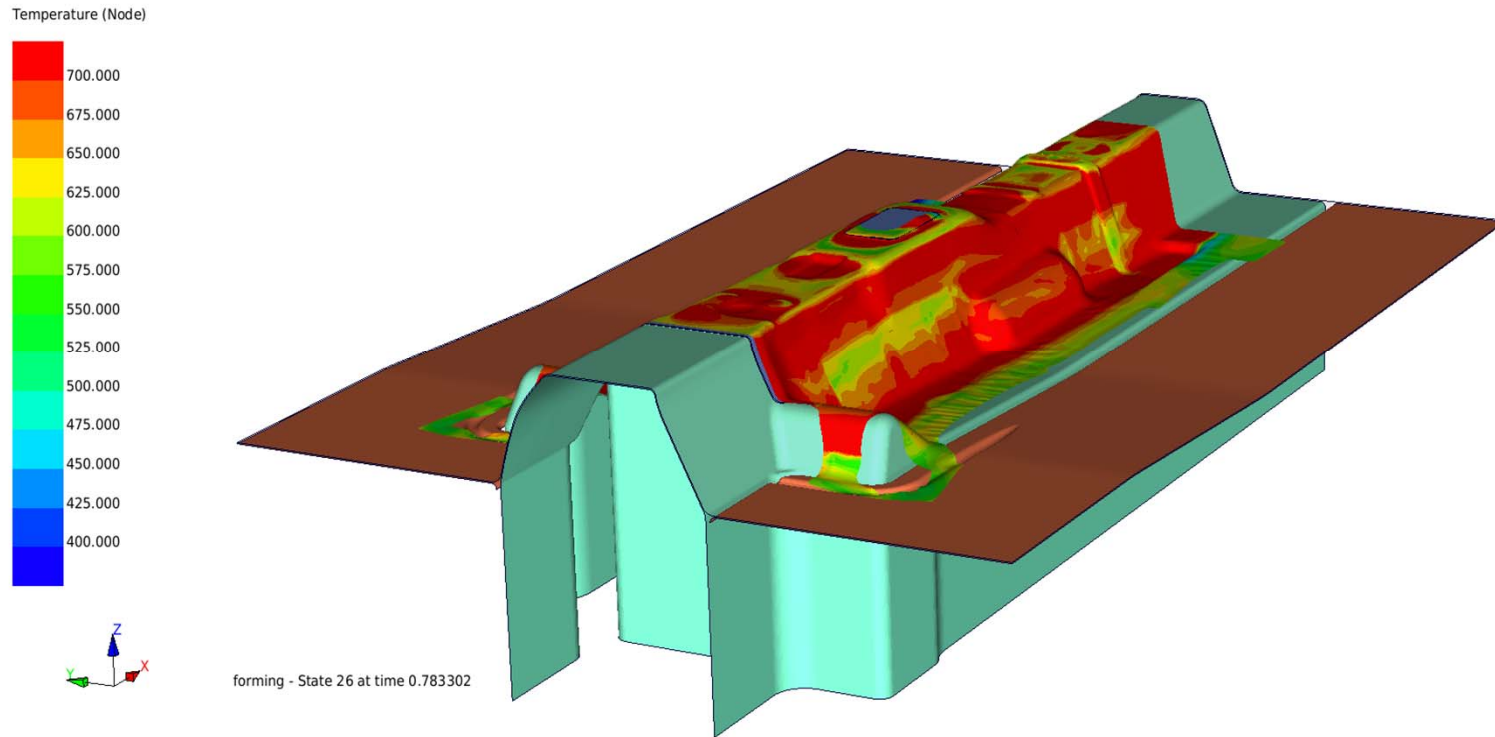


Simulationsprogramm: LS-Dyna



Warmumformsimulation Tunnel PQ-46 - Umformen

Stand: 05.09.2011; Verfasser: Dr. Verhoeven, Tel: 84374, Dr. Weigert, Tel: 122502

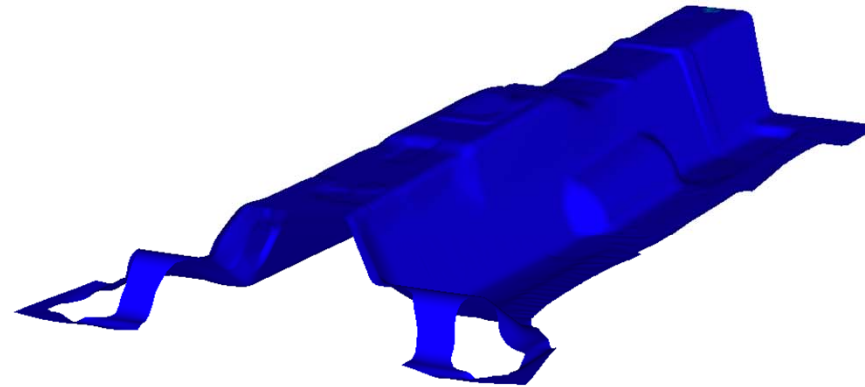
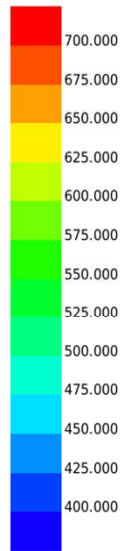


Simulationsprogramm: LS-Dyna

Warmumformsimulation Tunnel PQ-46 - Härten

Stand: 05.09.2011; Verfasser: Dr. Verhoeven, Tel: 84374, Dr. Weigert, Tel: 122502

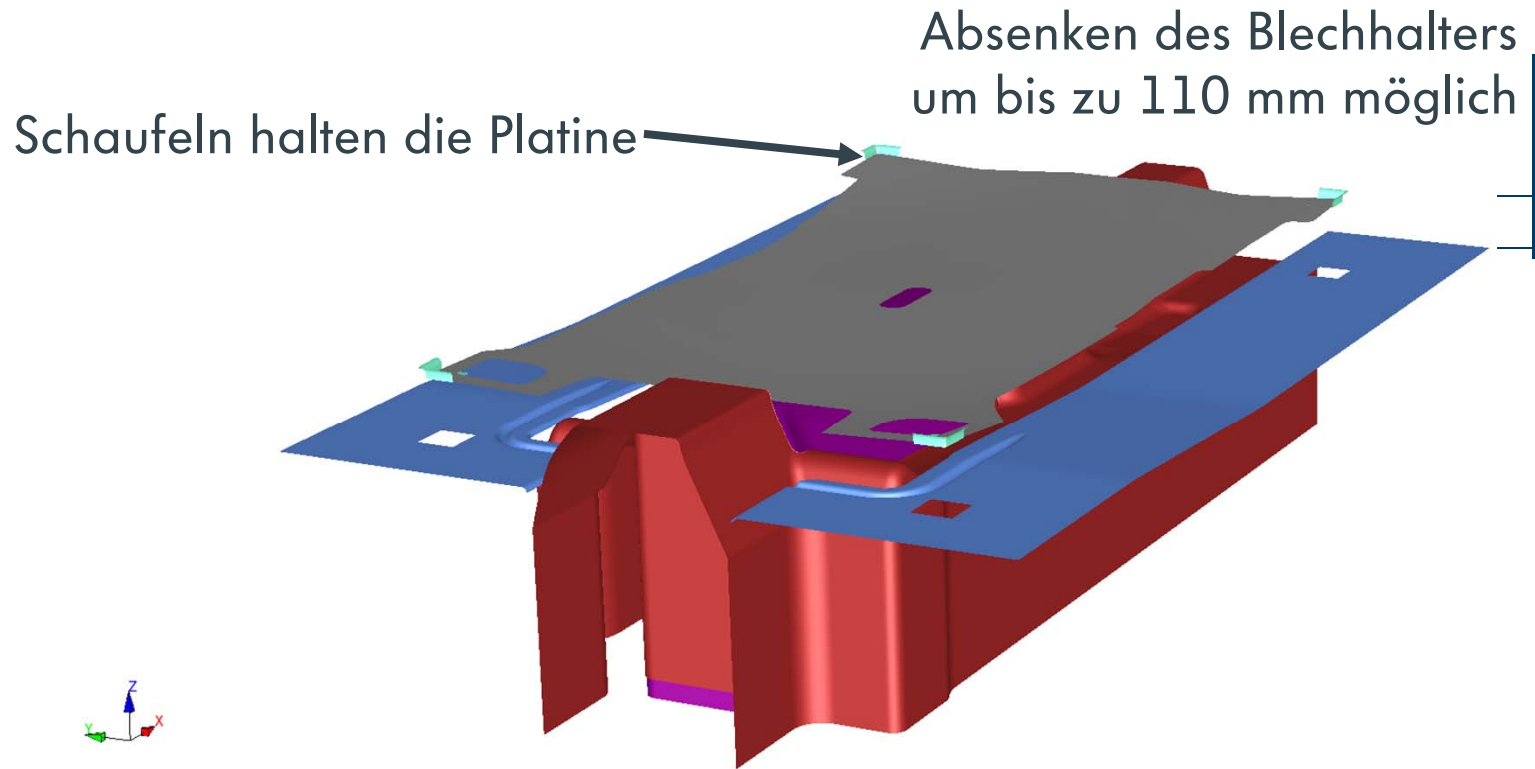
Temperature (Node)



Simulationsprogramm: LS-Dyna



Prozessoptimierung durch Simulation



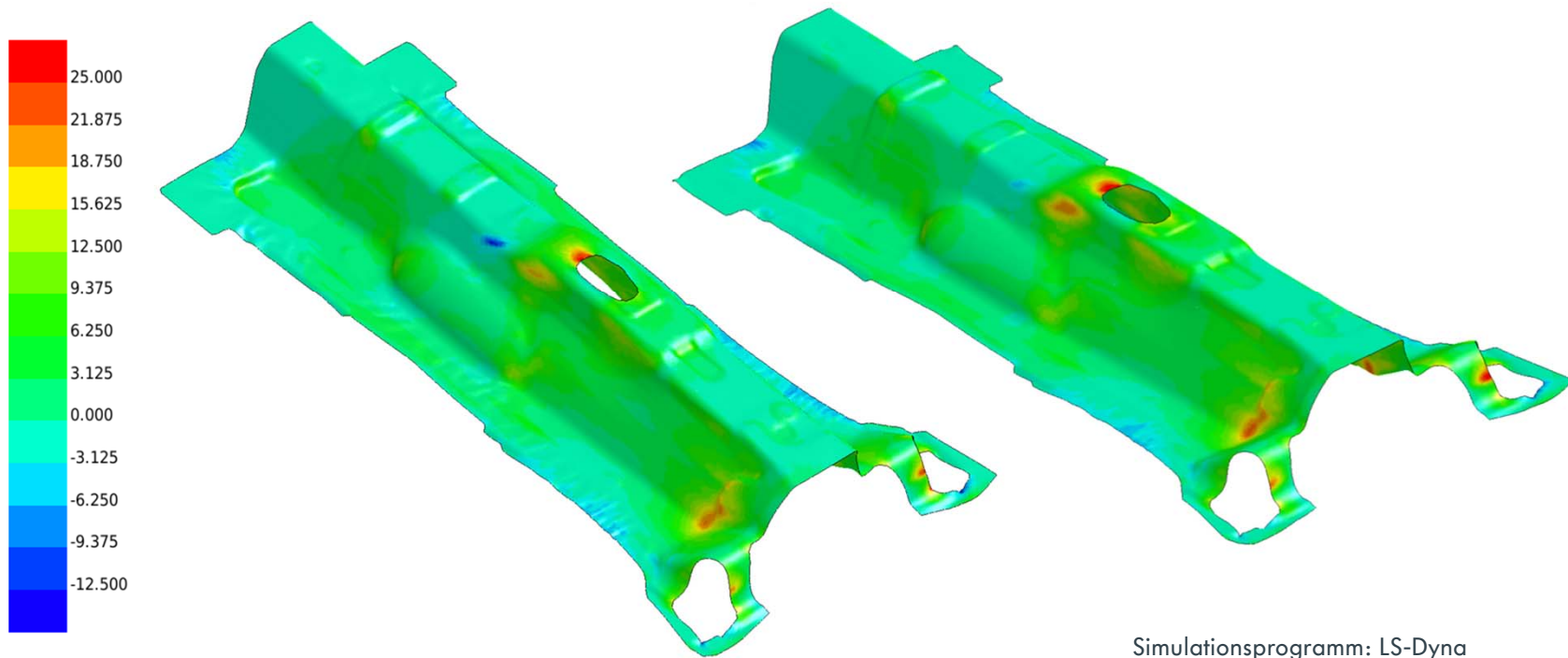
Zur Optimierung des Wärmehaushaltes über den Prozess wird der Blechhalter abgesenkt.

Ergebnisse der Prozessoptimierung

Änderung der Blechdickenreduzierung Δt

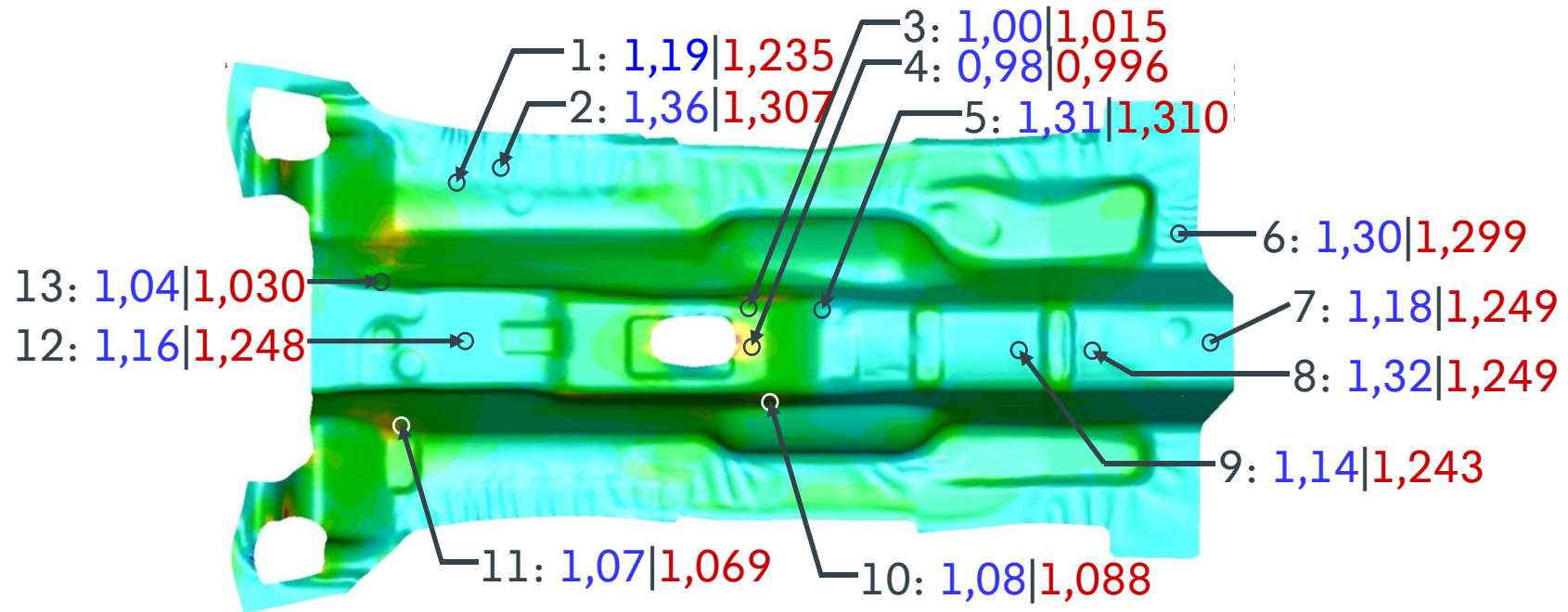
Ausgangskonfiguration
 Δt : -15 bis 31,6 %

Blechhalter um 30 mm abgesenkt
 Δt : -12,1 bis 28 %



Ergebnisvergleich Praxis und Simulation

Vergleich der Blechdicken in [mm] Δt zwischen dem **Realteil** und der **Simulation**



Abweichung im Durchschnitt an 13 Messpunkten: 3,1 %

Zusammenfassung

- Die Simulation der Warmumformung liefert Ergebnisse, die zur Optimierung des Herstellungsprozesses von pressgehärteten Bauteilen geeignet sind.
- Die Abweichungen zwischen den gemessenen und den simulierten Blechdicken sind sehr klein.
- Empfehlung: Vereinfachung der Handhabung und Verbesserung der Bedienungsfreundlichkeit der Simulationsprogramme.





Bodengruppe VW 1500 Typ 3, 1961-1973

**Den meisten Spaß hatten wir
immer in Autos ohne Dach.**
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

