

VOLKSWAGEN

AKTIENGESELLSCHAFT



WU–Crash Experimente und Simulation des partiellen Presshärtens mit Werkzeugtemperierung

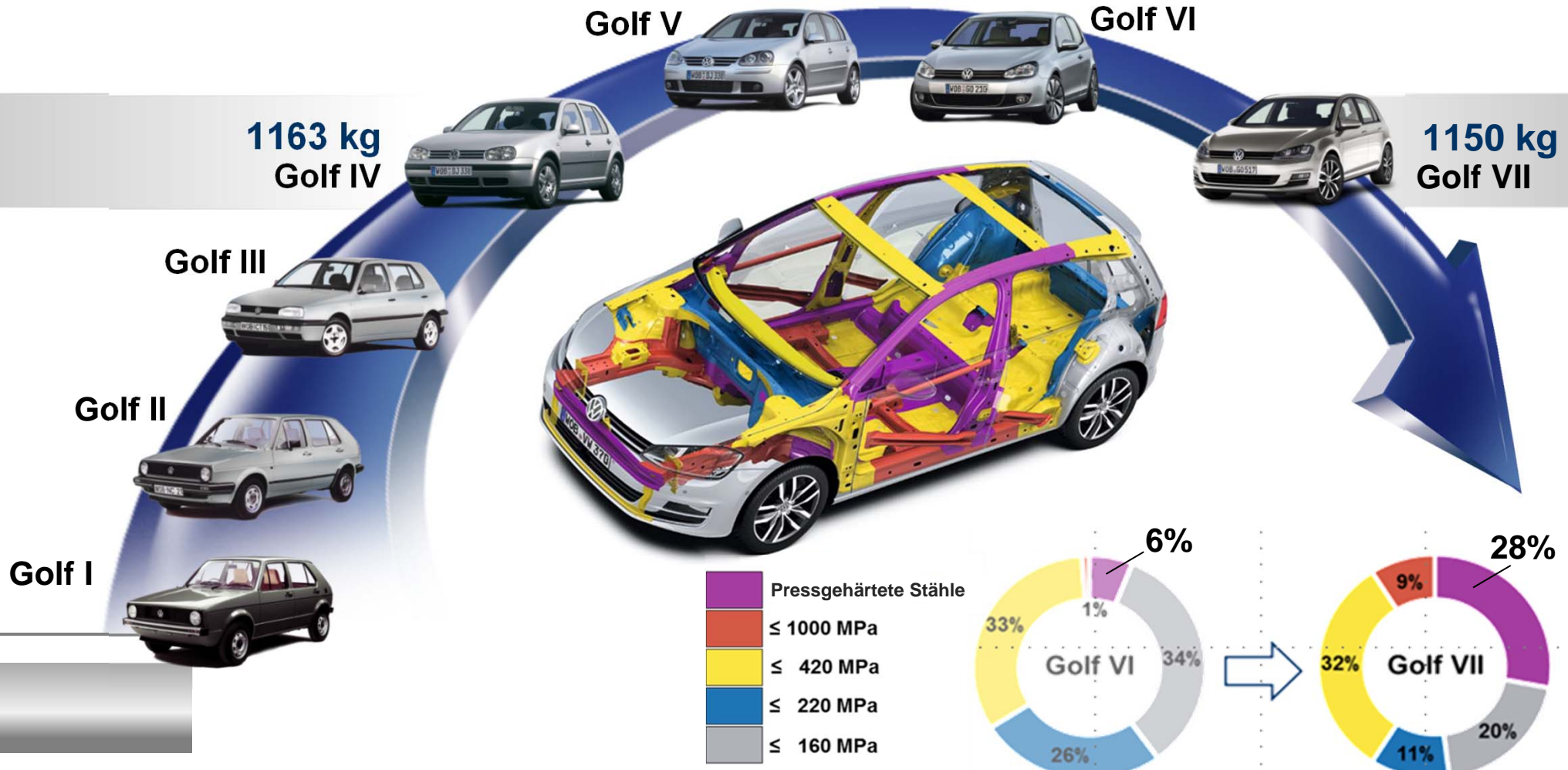
R. Helmholz, M. Medricky, D. Lorenz

11.11.2013

Agenda

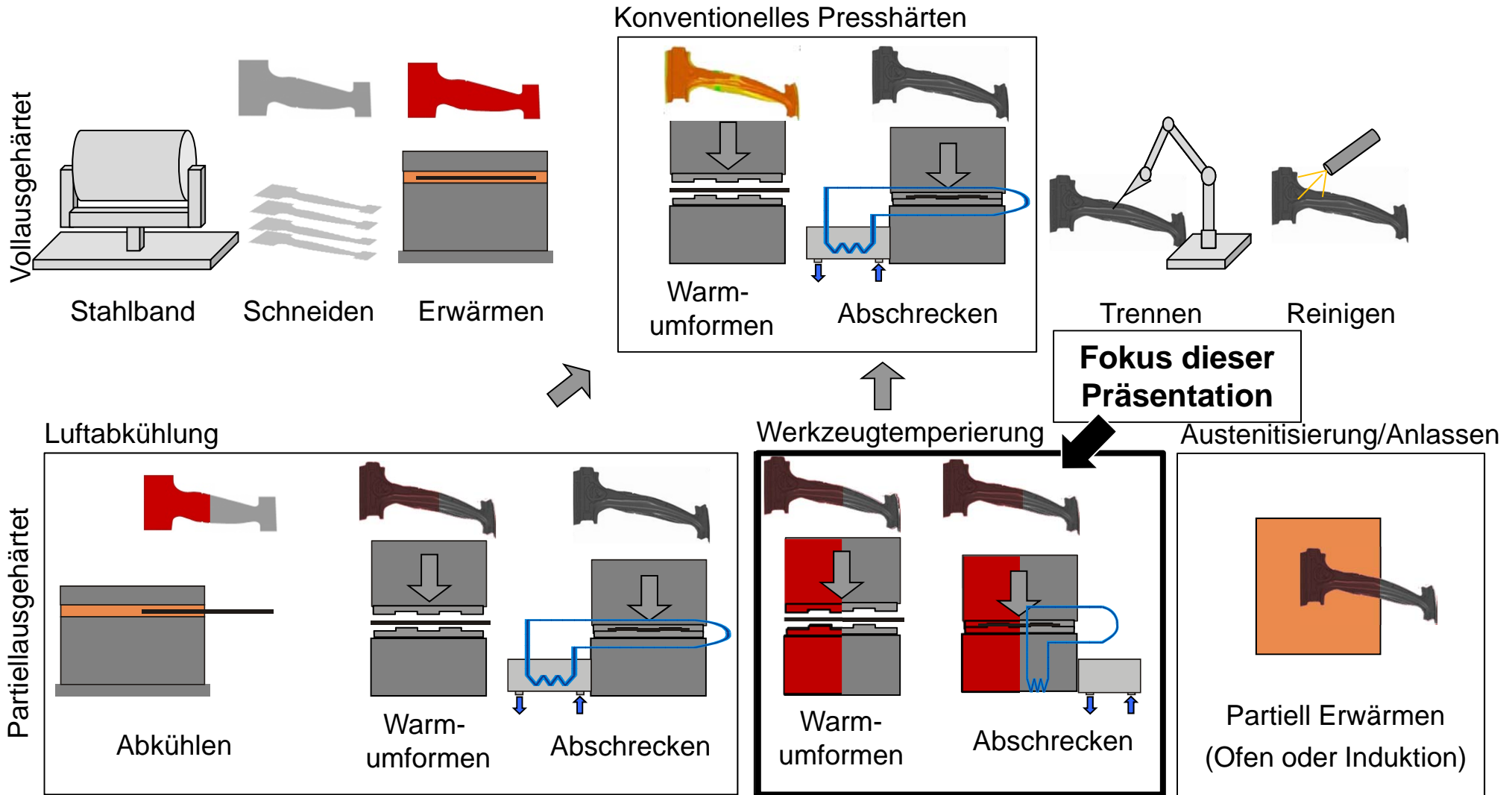
1. Einleitung
2. Stand der Technik
3. Experimentelle Durchführung
4. Presshärten
5. Simulation und Validierung
6. Zusammenfassung

Einleitung

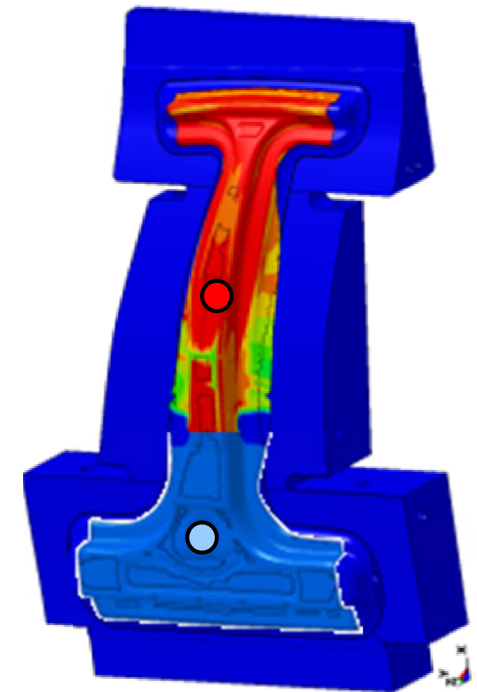
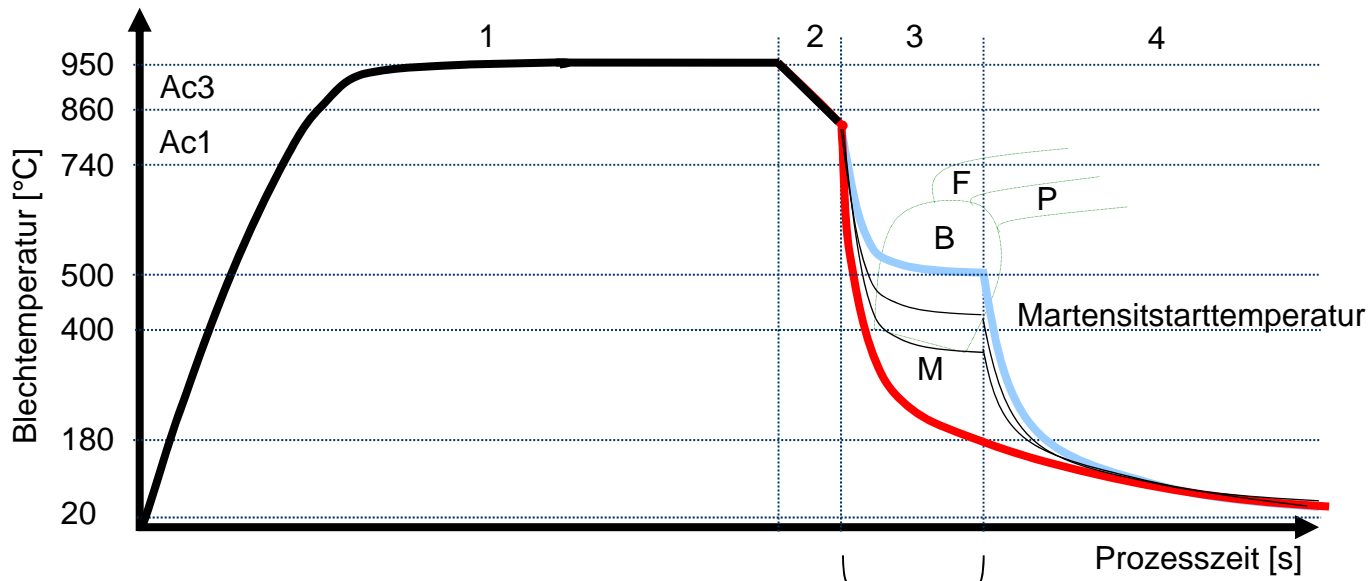


Konzernforschung: K-EFFG/V

Stand der Technik – Methoden zur Herstellung von pressgehärteten Bauteile



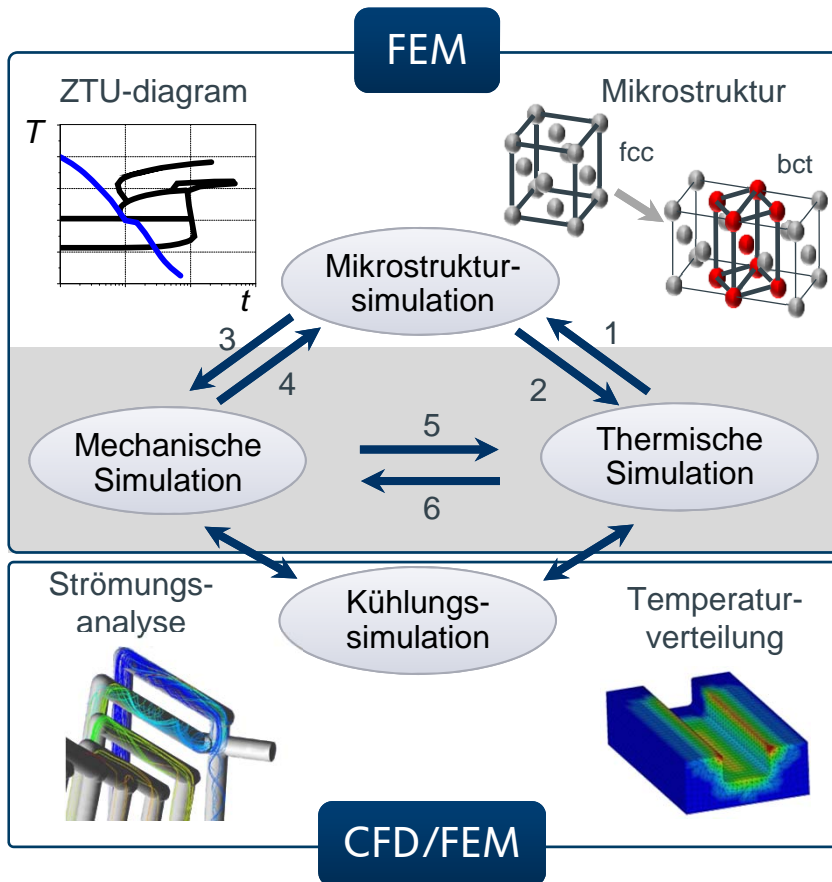
Stand der Technik – Partielle Werkzeugtemperierung



1. Erwärmen
2. Transfer
3. Warmumformen und Abschrecken im Werkzeug
4. Entnahme

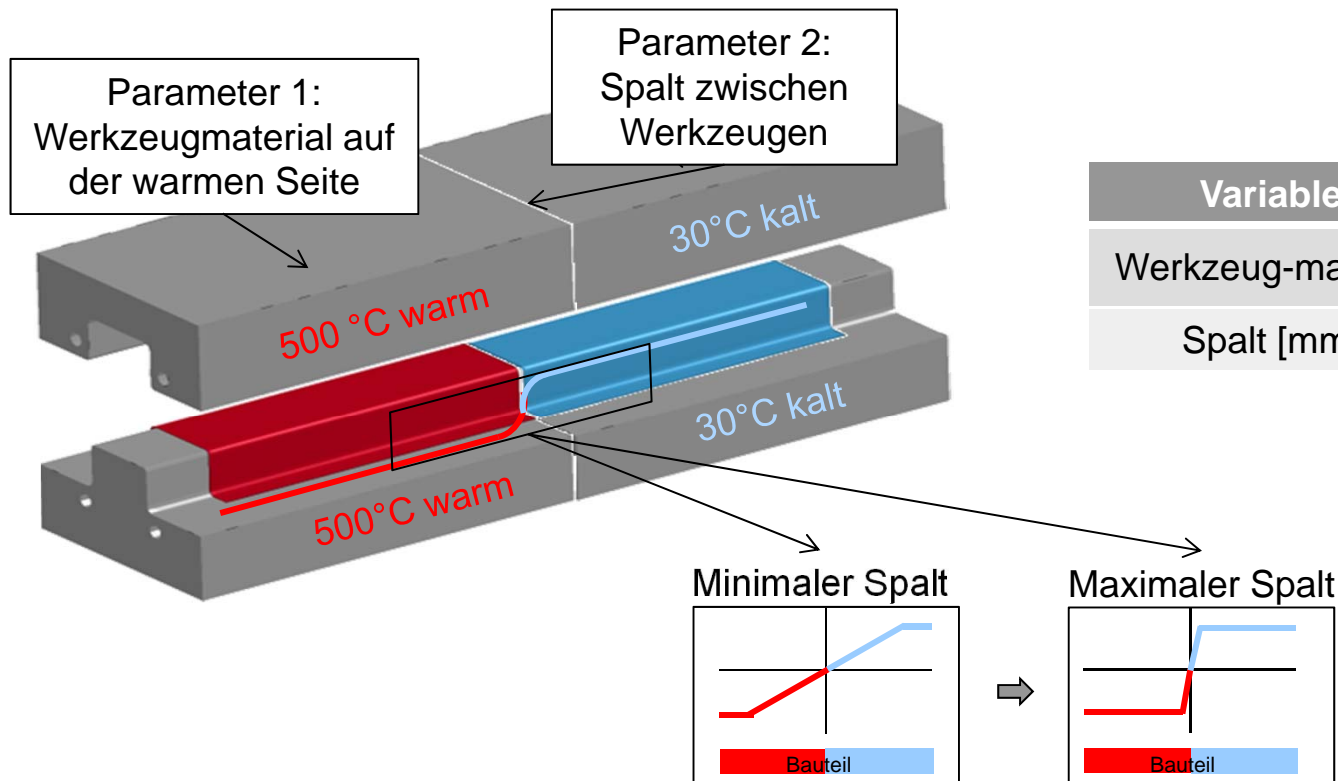
Partielle
Werkzeugtemperierung

Stand der Technik – Warmumformsimulation



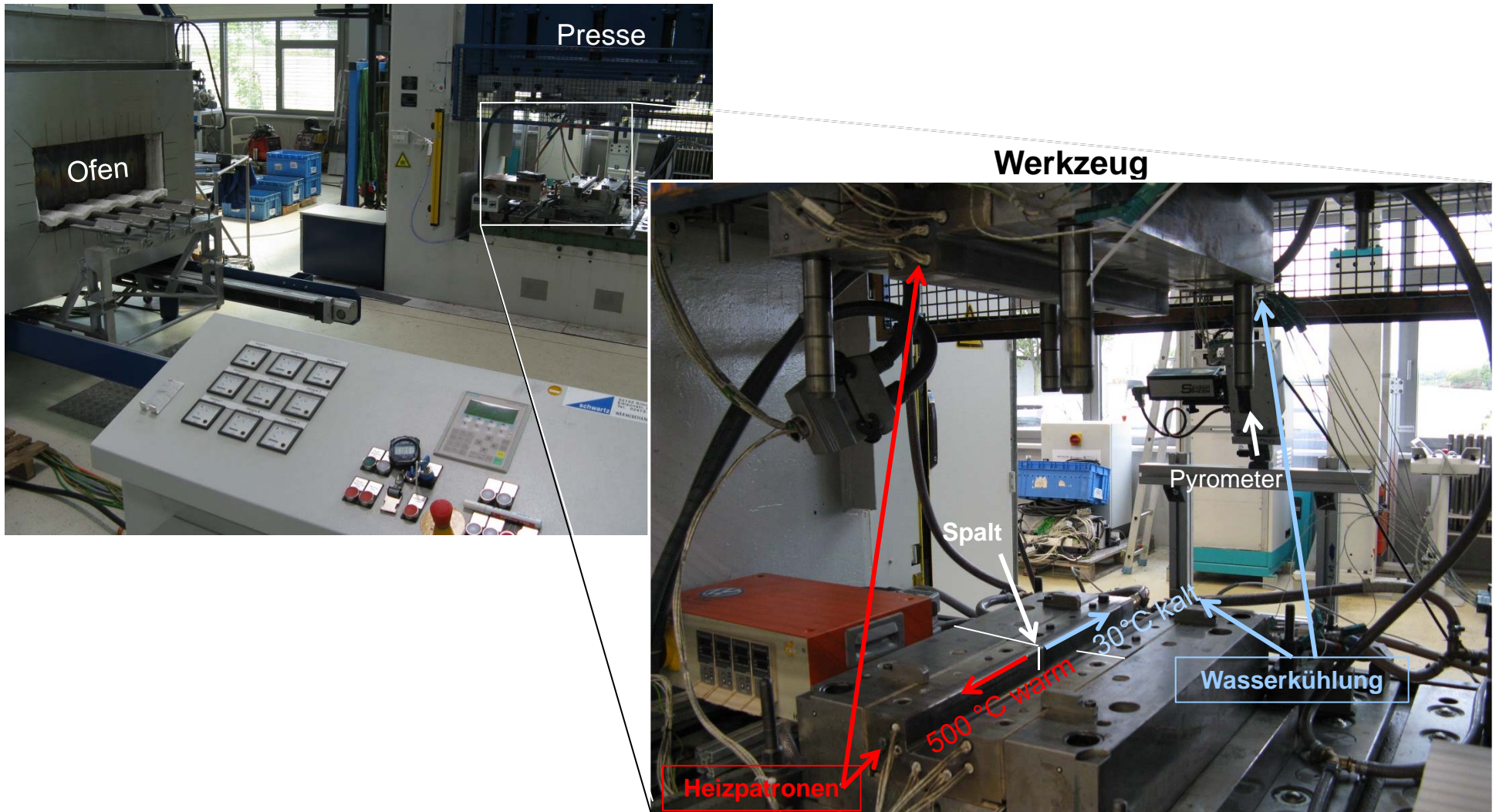
Experimentelle Durchführung – Erzeugung verschiedener Härteverläufe

Partielle Werkzeugtemperierung

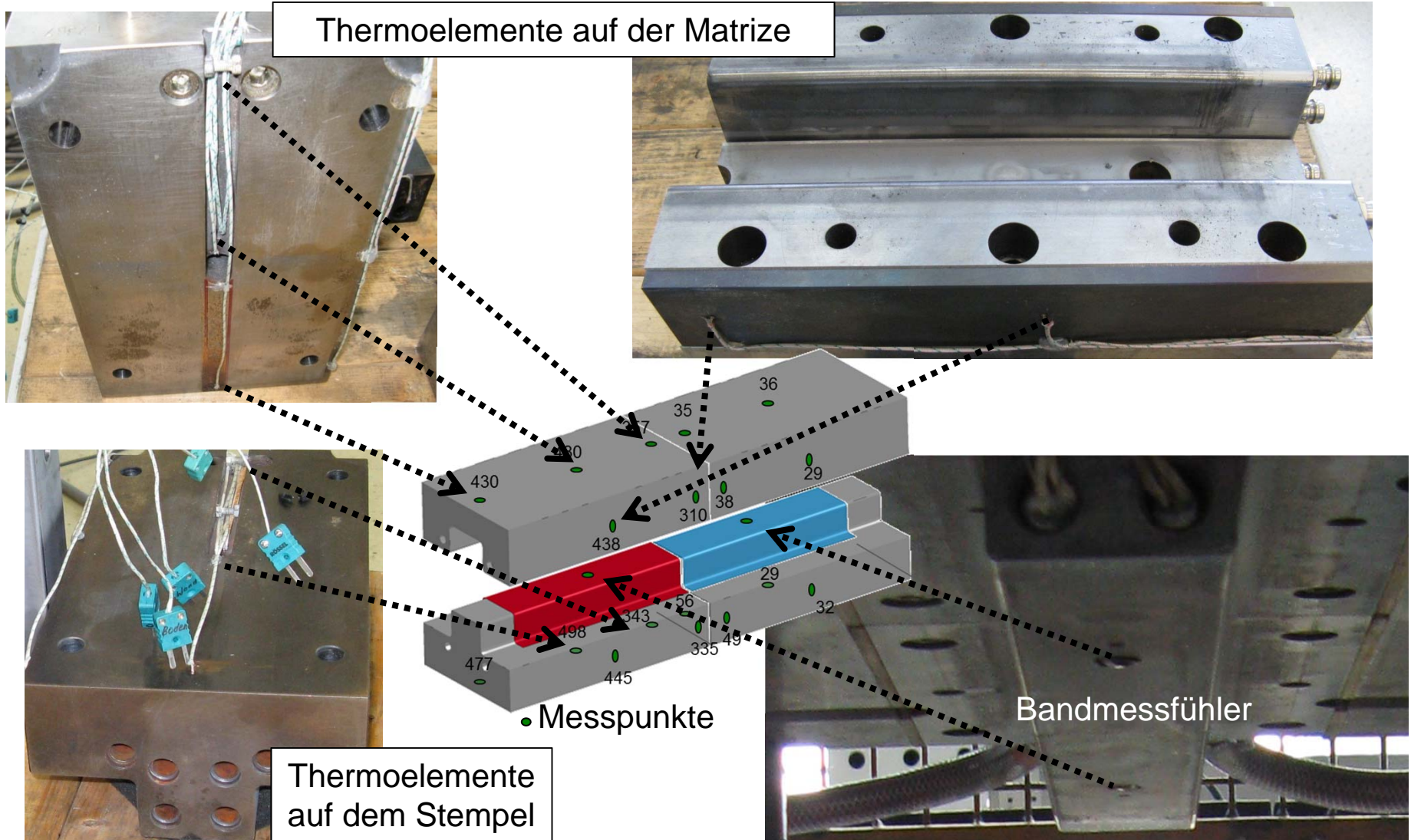


Variable	Werte
Werkzeug-material	1.2367; GTCS550
Spalt [mm]	0.1; 1

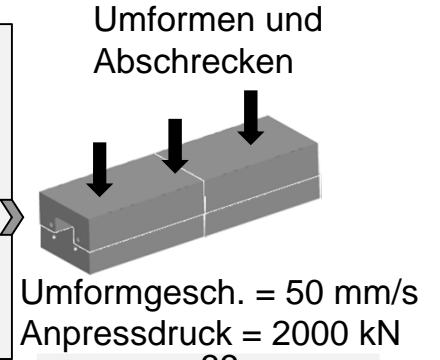
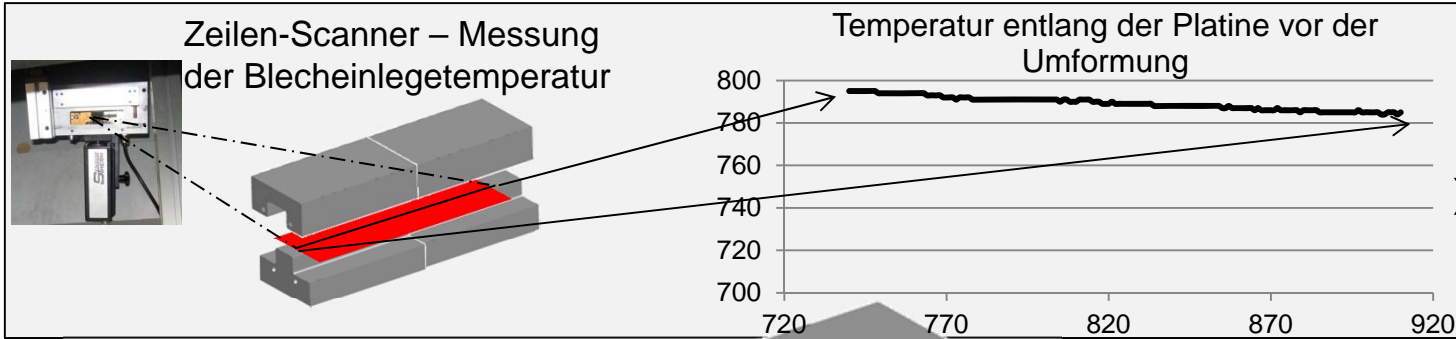
Experimentelle Durchführung – Warmumformung vom Hut-Profil



Experimentelle Durchführung – Messpunkte im Experiment

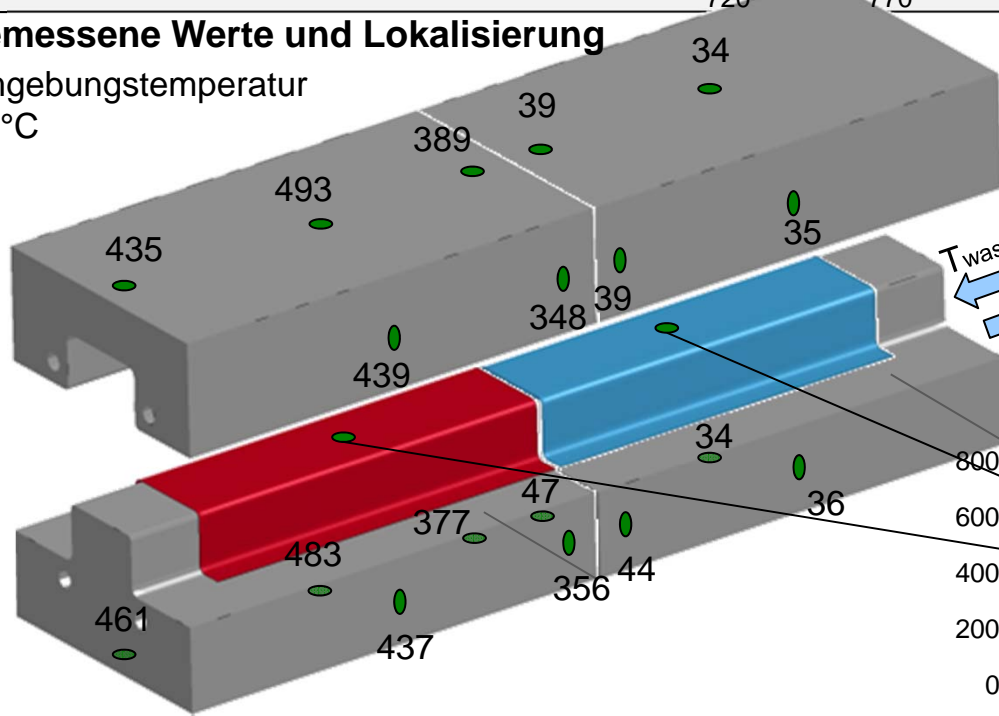


Presshärten – Spalt 1 mm / Material 1.2367

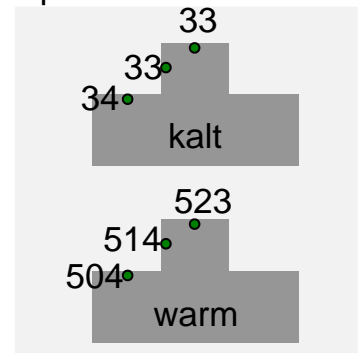


Gemessene Werte und Lokalisierung

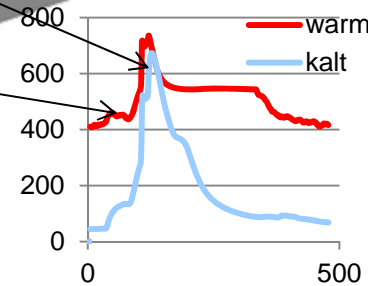
Umgebungstemperatur
25 °C



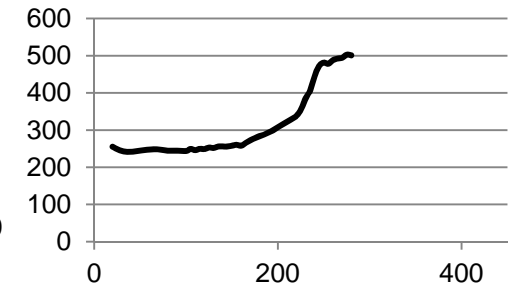
$T_{\text{wasser ein}} = 26,9 \text{ °C}$
 $T_{\text{wasser aus}} = 27,6 \text{ °C}$
12,8 l/min



Blechteperatur



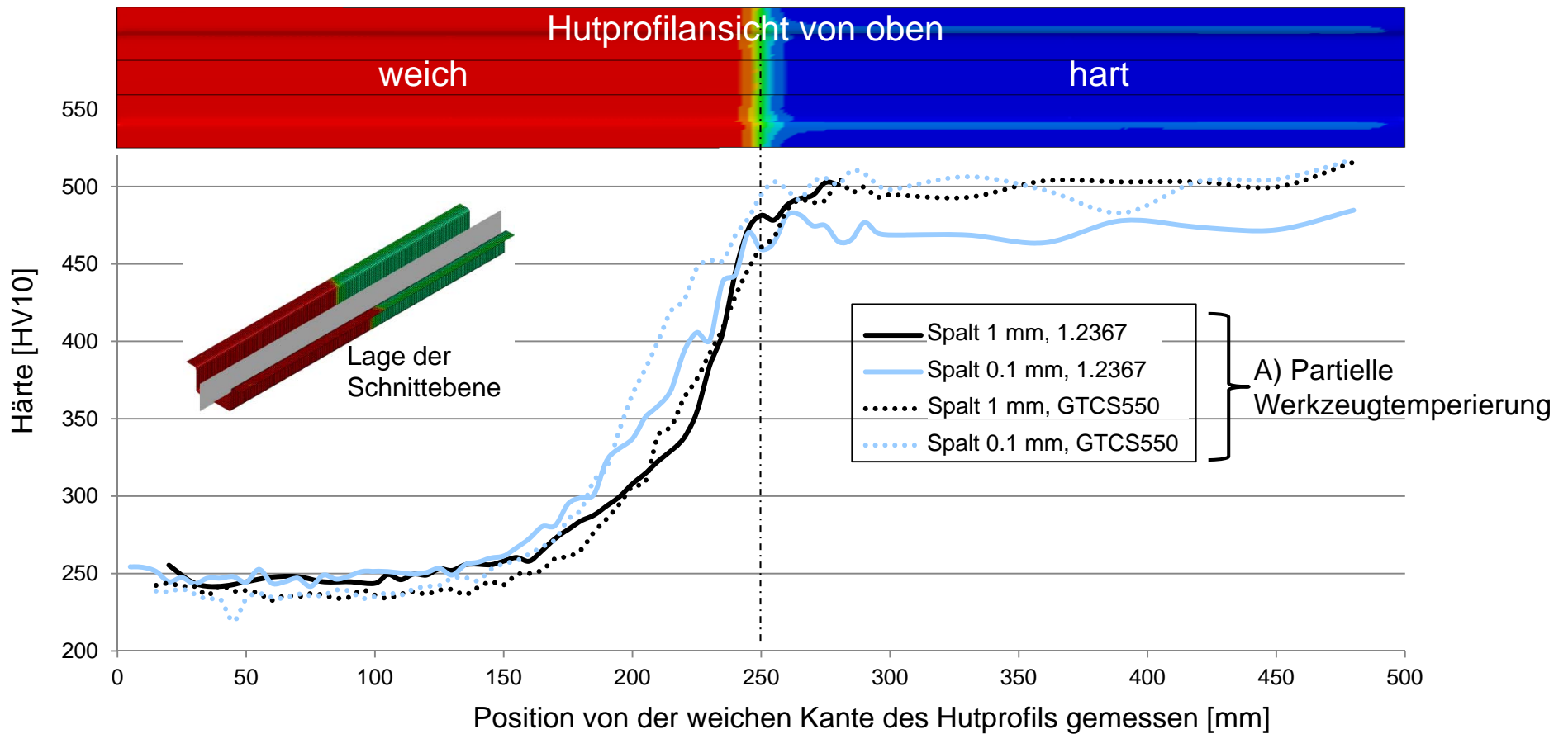
HV10 - Spalt 1 mm



● Temperaturen vor der Umformung in °C Alle Werkzeuge aus Material 1.2367

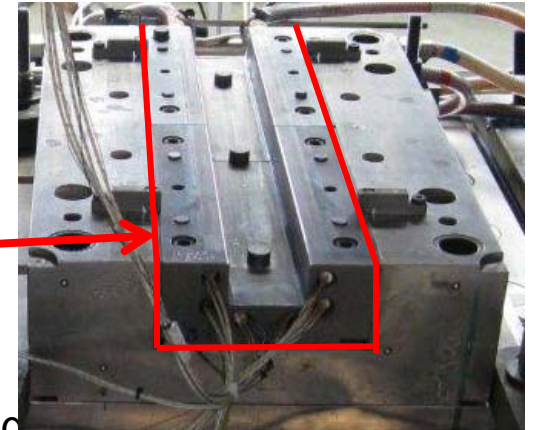
Presshärten – Härteverteilung

Partiell gehärtete Hut-Profile mit verschiedenen Härteverläufen.



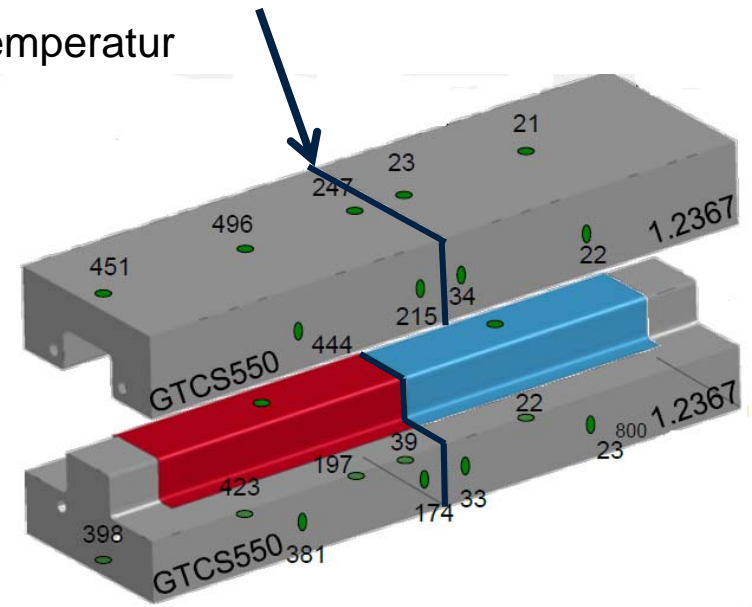
Simulation und Validierung – Simulation der Werkzeugtemperierung

- Temperaturvorgabe für die Heizpatronen je Regelkreis
- Wärmeverluste an die Umgebung durch Strahlung und Konvektion
- Wärmeverluste an Einhausung durch Konvektionsrandbedingung
- Thermische Kopplung Stempel-Matrize durch Wärmeübergang zwischen den Wirkflächen
- Kopplung zwischen warmer und kalter WZ-Seite durch Wärmeübergang
- Wasserkühlung durch Konvektion mit mittlerer Wassertemperatur
- Temperaturvorgabe von gemessenen Temperaturen
→ 100 % Übereinstimmung an den Messpunkten
- Ziel: homogenes Temperaturfeld an den Messpunkten



Freie Parameter zur Kalibrierung:

1. Heizpatronentemperaturen (5 Werte)
2. Wärmeübergangskoeffizient warm-kalt (1 Wert)
3. Konvektion Einhausung (8 Werte)



Messpunkte und Temperaturen für Variante V4

Simulation und Validierung – Simulation der Werkzeugtemperierung

Werkzeugtemperatur nach Steady State Aufheizsimulation

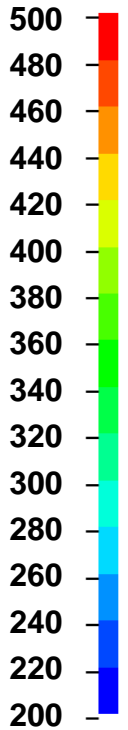
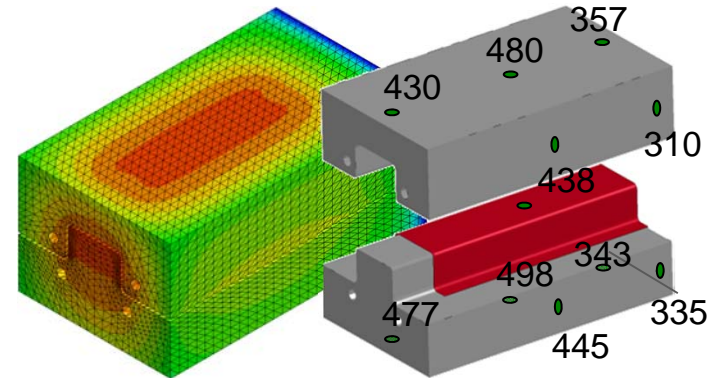
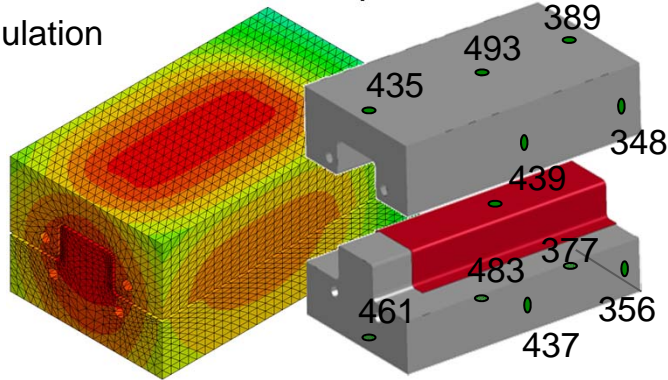
Temperatur
Celsius

1 mm Spalt / 1.2367

0.1 mm Spalt / 1.2367

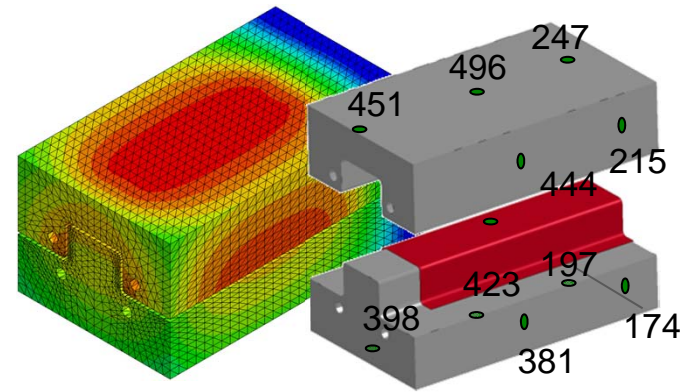
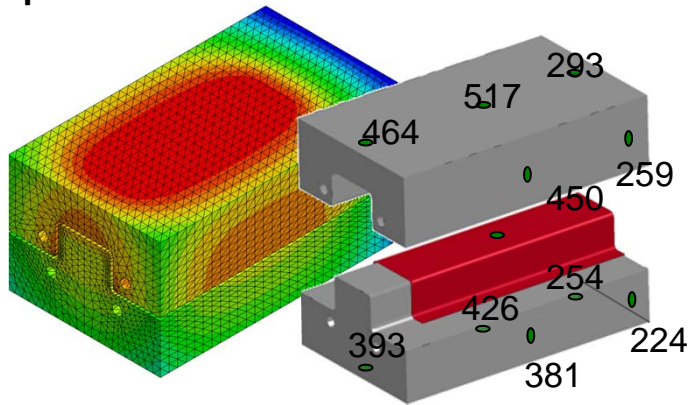
Simulation

Experiment



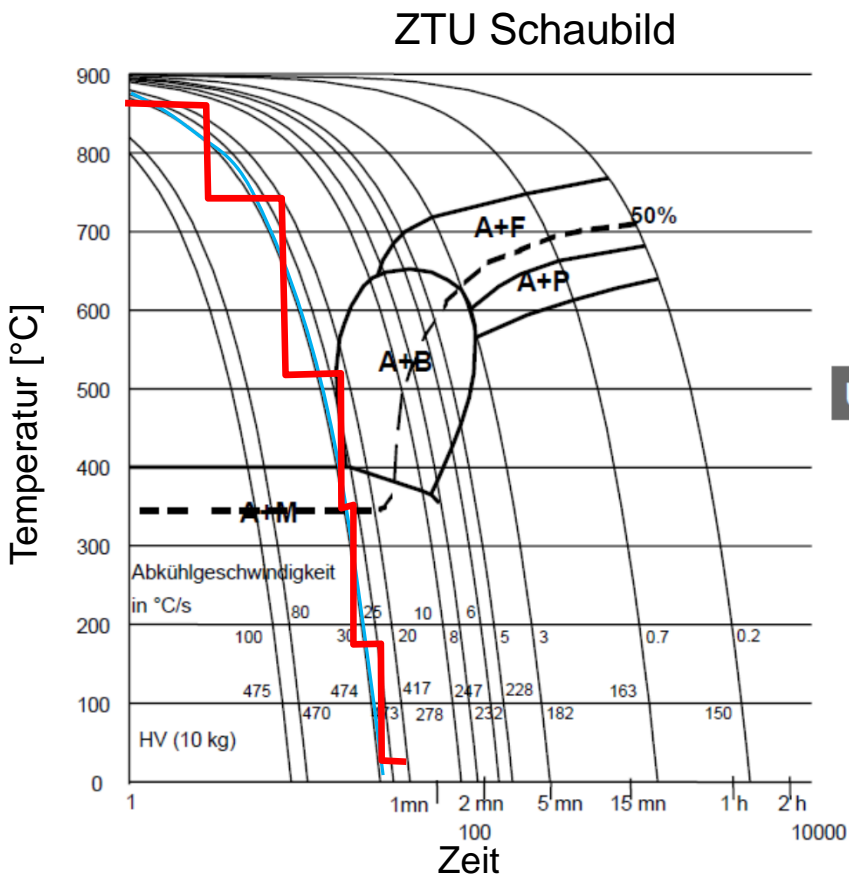
1 mm Spalt / GTCS550

0.1 mm Spalt / GTCS550



Simulation und Validierung – Anpassung des Materialmodells MAT244

Kalibrierung der Aktivierungsenergien der einzelnen Phasen auf Grundlage des ZTU-Schaubildes von Arcelor Mittal



USIBOR1500P

Konzernforschung: K-EFFG/V

Modell nach Li:



$$\tau_i(\zeta, \vartheta) = \frac{f_i(\text{chem. Z., Fit} - \text{Fakt.})}{\Delta\vartheta^n \exp\left(\frac{-Q}{R(\vartheta + 273^\circ\text{C})}\right)} S(\zeta)$$

- $\tau_{F,P,B}$: Inkubationszeit der i-ten Phase
- ζ, ϑ : Phasenanteil, Temperatur
- f_i : Kinetikgleichungen der i-ten Phase
- $\Delta\vartheta, n$: Grenztemperatur, Werkstoffparameter
- R : Univers. Gaskonstante
- Q, S : Aktivierungsenergie, Reaktionsrate

Modell nach Koistinen und Marburger:

$$\zeta_M = \zeta_a \left(1 - \exp[-k(\vartheta)(\vartheta_{Ms} - \vartheta)^n]\right)$$

- ζ_a : Austenitischer Phasenanteil
- k, n : Werkstoffparameter
- ϑ_{Ms} : Martensitstarttemperatur

Simulation und Validierung – Berechnung der Härte

- Härteprognose für kontinuierliche Abkühlung basiert auf den Formeln nach Maynier
- Kaum Einfluss von Haltephasen, da hier einzig die Kühlrate bei 700°C entscheidend ist.
- Eine Alternative ist ein inkrementeller update für die Bainithärte.
- Dabei muss eine Haltephase während der Berechnung automatisch erkannt werden.

Maynier

$$HV = (x_f + x_p)HV_{f+p} + x_bHV_b + x_mHV_m$$

$$HV_{f+p} = 42 + 223C + 53Si + 30Mn + 12.6Ni + 7Cr + 19Mo + (10 - 19Si + 4Ni + 8Cr + 130V) \lg\left(\frac{dT_{973}}{dt}\right)$$

$$HV_b = -323 + 185C + 330Si + 153Mn + 65Ni + 144Cr + 191Mo + (89 + 53C - 55Si - 22Mn - 10Ni - 20Cr - 33Mo) \lg\left(\frac{dT_{973}}{dt}\right)$$

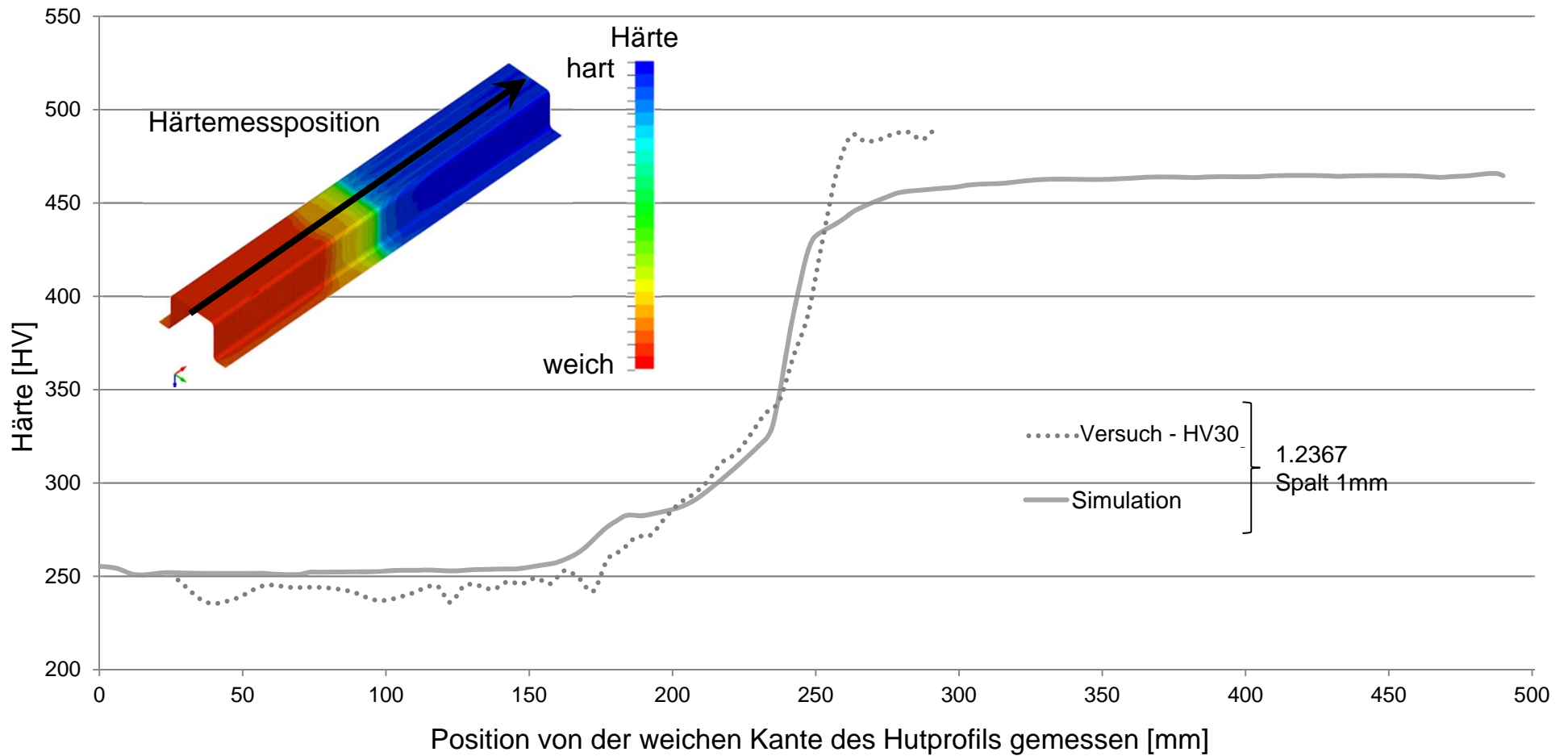
$$HV_m = 127 + 949C + 27Si + 11Mn + 8Ni + 16Cr + 21 \lg\left(\frac{dT_{973}}{dt}\right)$$

Inkrementelle Härteberechnung

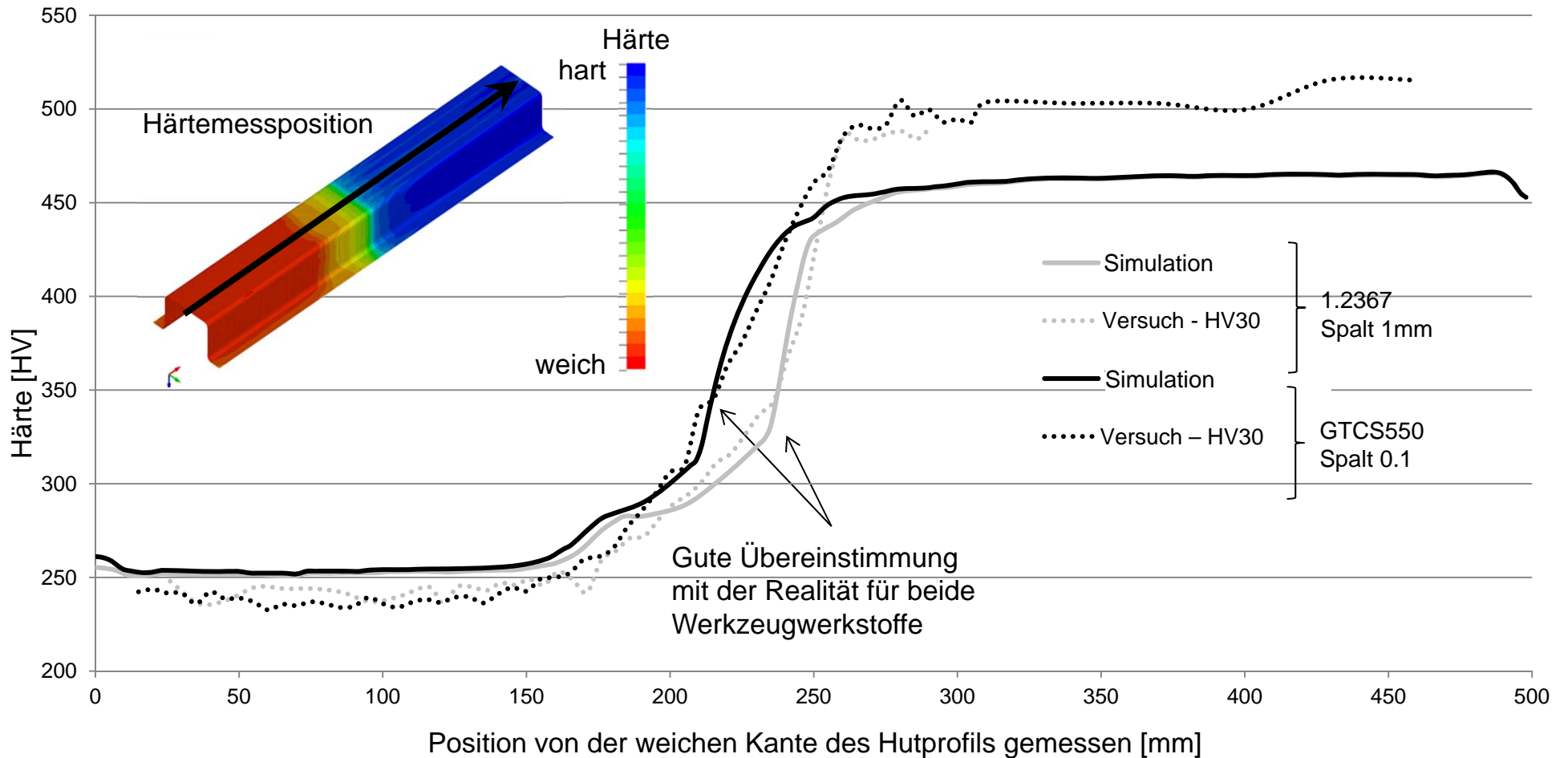
$$HV_B^{n+1} = \frac{x_B^n}{x_B^{n+1}} \cdot HV_B^n + \frac{x_B^n}{x_B^{n+1}} \cdot h_B(T_m)$$

$$T_m = \frac{T^n + T^{n+1}}{2} \quad \Delta x_B = x_B^{n+1} - x_B^n$$

Simulation und Validierung – Härteverteilung



Simulation und Validierung – Härteverteilung



Zusammenfassung

- Partielles Presshärten von Hut-Profilen mittels Werkzeugtemperierung
- Variation von Spaltmaß und Werkzeugwerkstoff zur Einstellung von unterschiedlichen Härteverläufen
- Simulation des Presshärteprozesses und Berechnung der Härten in den unterschiedlichen Übergangsbereichen unter Verwendung von MAT244 (LS-Dyna)
- Vergleich zwischen gemessenen und simulierten Härten zeigt gute Übereinstimmung im weichen Bereich und in der Übergangszone des Hut-Profiles

Anhang