

ASPECT - Analyse der Reibungsveränderung durch instationäre Werkzeugtemperaturen für die Prozessauslegung und –kontrolle*

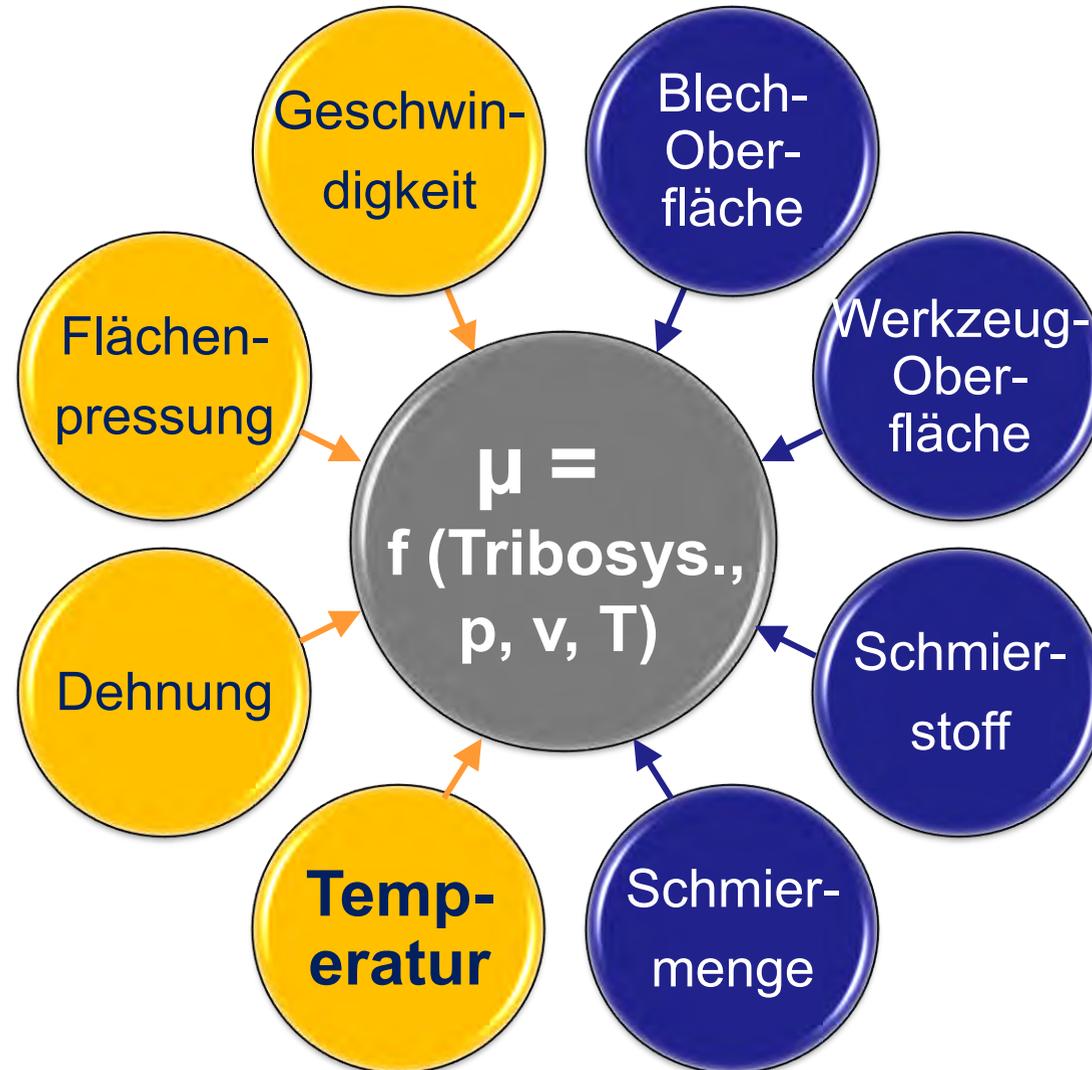
Dr.-Ing. Jan Filzek; M.Sc. Holger Schröder, B.Sc. Daniel Keil
 FILZEK TRIBOtech, D-64367 Mühlthal

Inhalt:

1. Einführung und Motivation
2. Übersicht EU-Projekt ASPECT
3. Reibversuche zum Einfluss der Werkzeugtemperatur
4. ASPECT Demo Line für temperaturinduzierte Reibungsveränderung
5. Ausblick

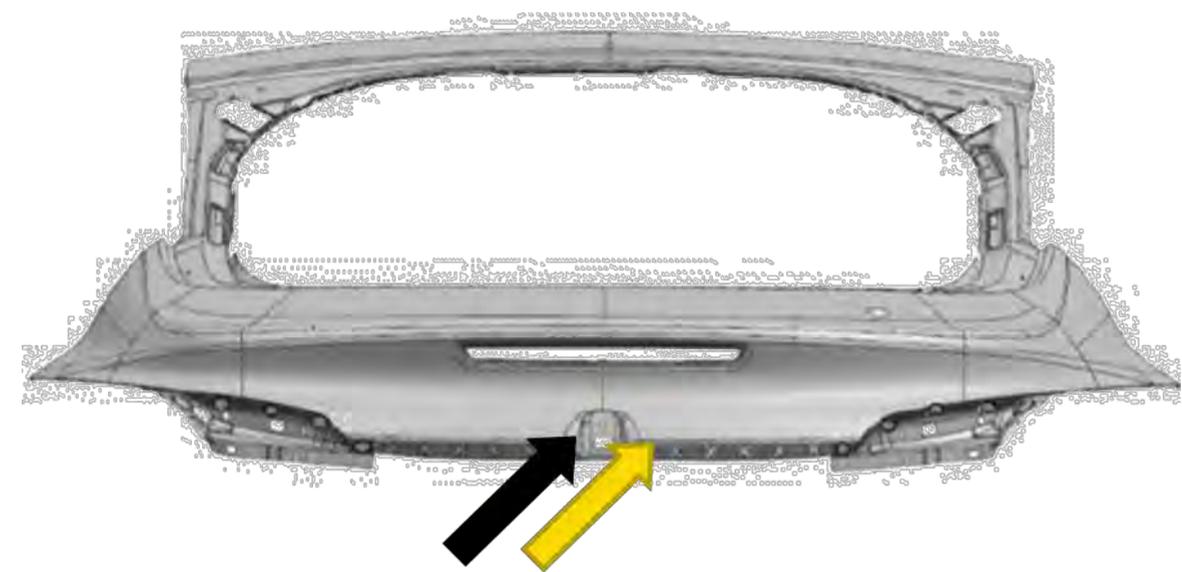
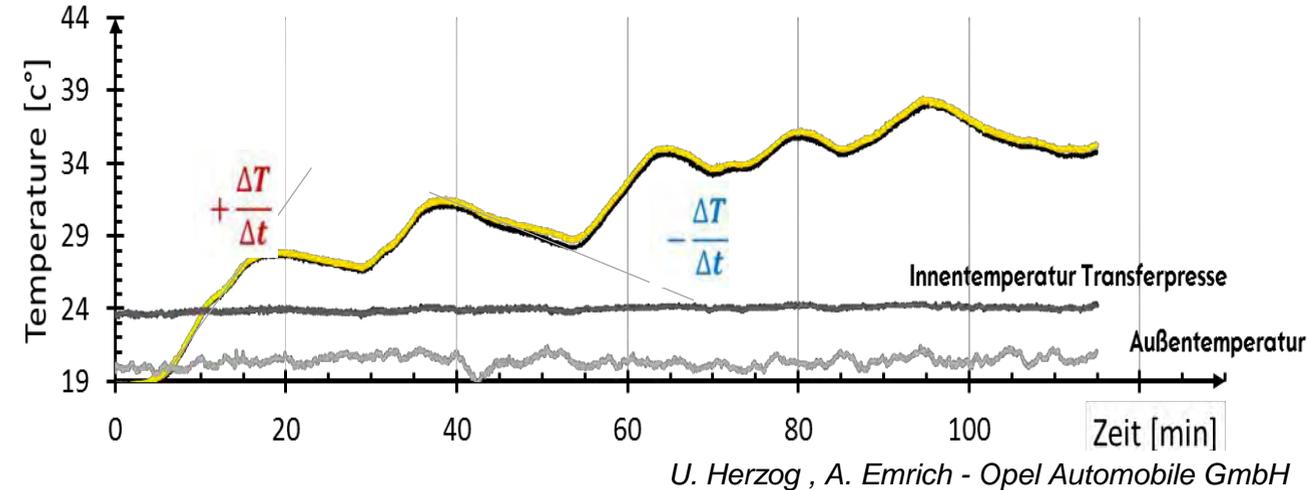
*: <http://www.nweurope.eu/aspect/>

Einflussgrößen auf die Reibung



Problemstellung der variablen Werkzeugtemperatur

- immer kleinere Produktionsschichten, Unterbrechungen durch Pausen und Qualitätsprobleme
=> zunehmend instationäre Temperaturverhältnisse im Werkzeug!
- => schwankende Reibungsbedingungen!
- => potentielle Erhöhung der Ausschussrate, insbesondere bei Produktionsanlauf



- AKTUELLE ABHILFE:**
Manuelle Nachregelung der Prozesskräfte aufgrund Erfahrung

Analyse der Reibungsveränderung durch instationäre Werkzeugtemperaturen für die Prozessauslegung und –kontrolle*

Grundlage

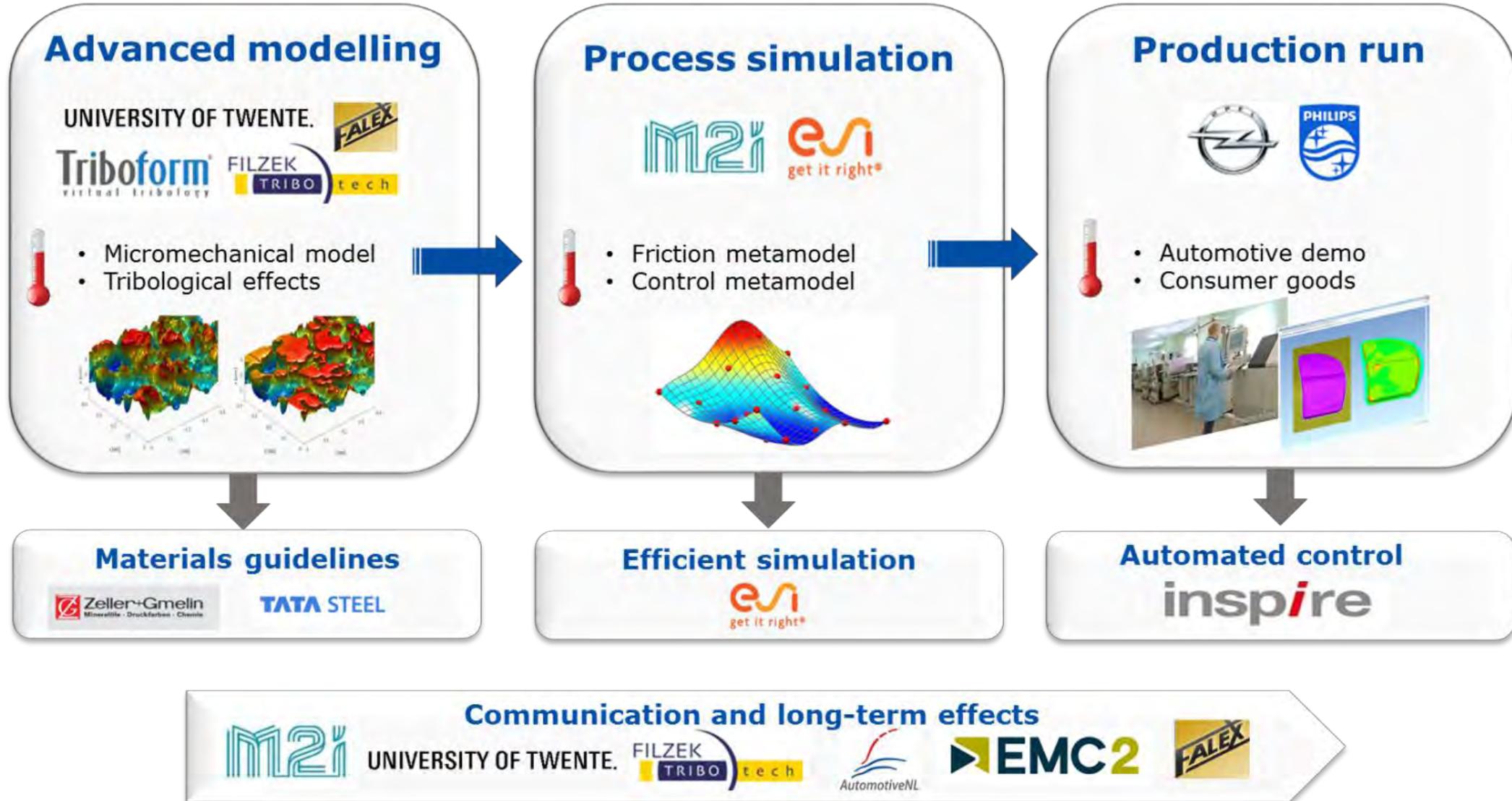
- **Ausgangssituation:** Produktivitätsverluste von bis zu 25% aufgrund von nicht kontrollierbarer temperaturabhängiger Reibungseffekte.
- **Gesamtziel:** Maximierung der Produktivität von Produktionslinien der Blechumformung mittels modellbasierter Berücksichtigung der temperaturinduzierten Reibungserhöhung während Produktionsanlauf.
- **Effekt:** Kostenreduktion von bis zu 40%, um Produktionstechnologie in Europa zu halten

Teilziele

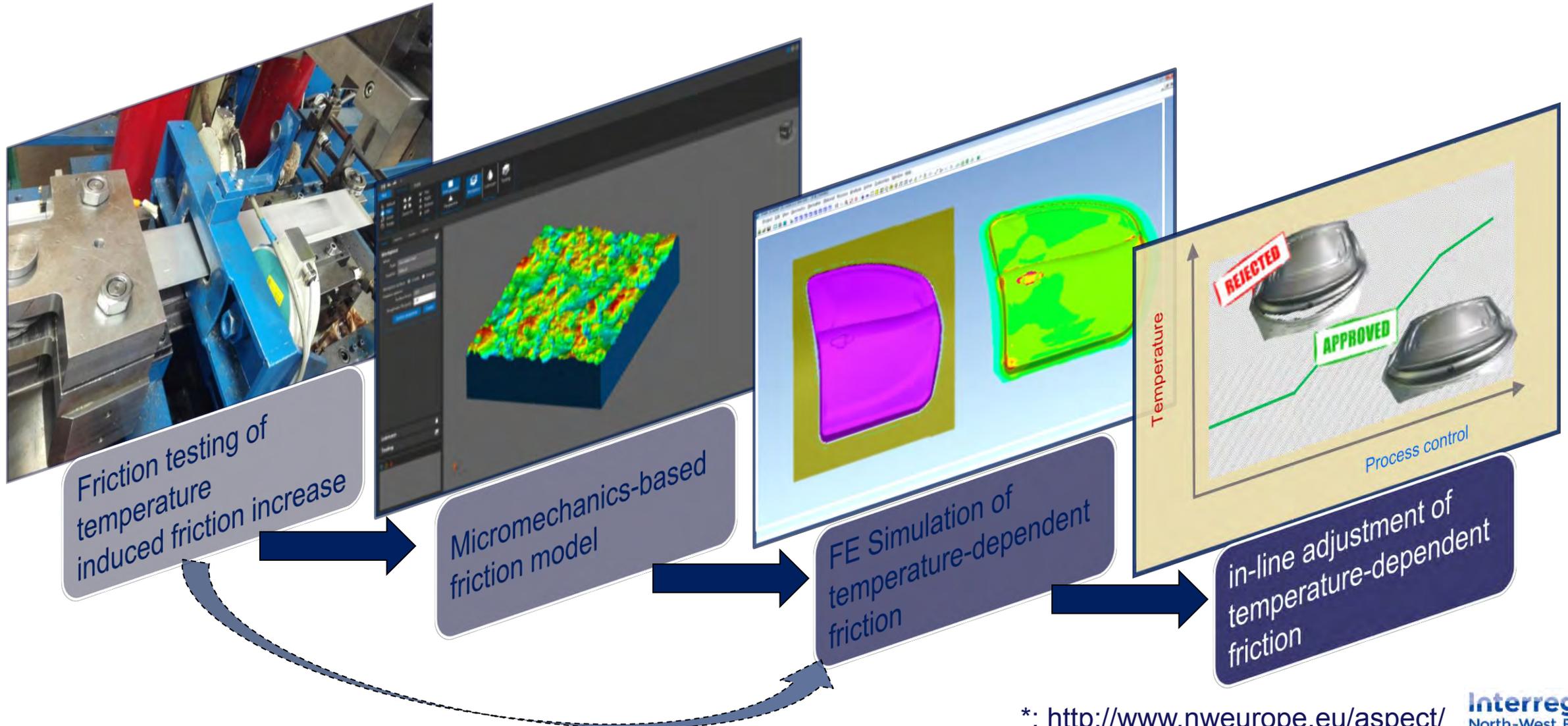
- Entwicklung und Validierung eines **Reibmodells zur Implementierung in effizienten FE Simulationen**
- Entwicklung einer **adaptiven Prozessregelung**
- Aufbau / Nachweis eines **stabilen und effizienten Prozesses zur Blechbauteilfertigung**, mit modellbasierter Regelung der temperaturinduzierten Reibungserhöhung

*: <http://www.nweurope.eu/aspect/>

Projektübersicht



Prinzipielle Prozesskette



*: <http://www.nweurope.eu/aspect/>

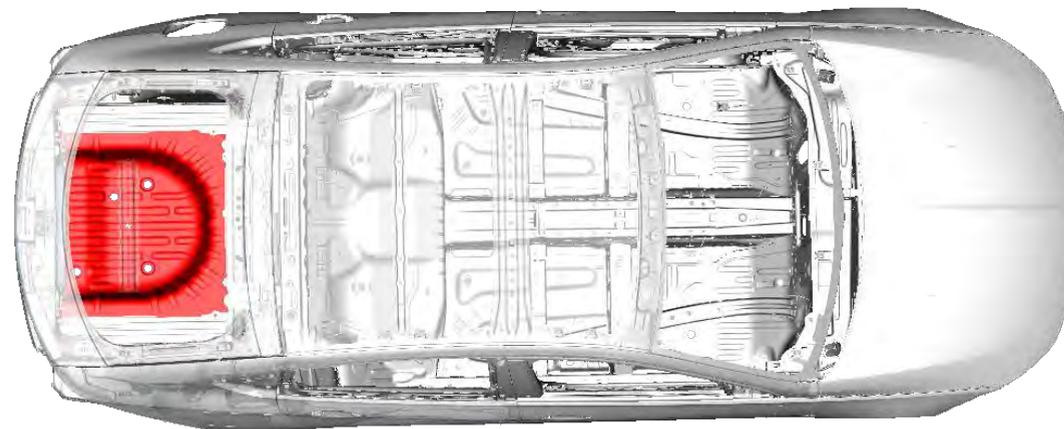
Übersicht EU-Projekt ASPECT

Demonstrator-Bauteil bei Opel

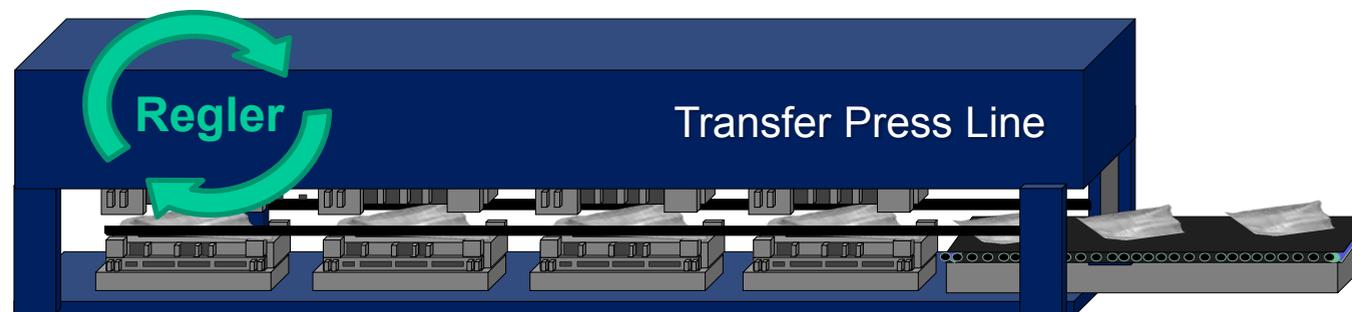
OP 1: Tiefziehen



OP 4: Beschnitt



F. Dietrich - Opel Automobile GmbH



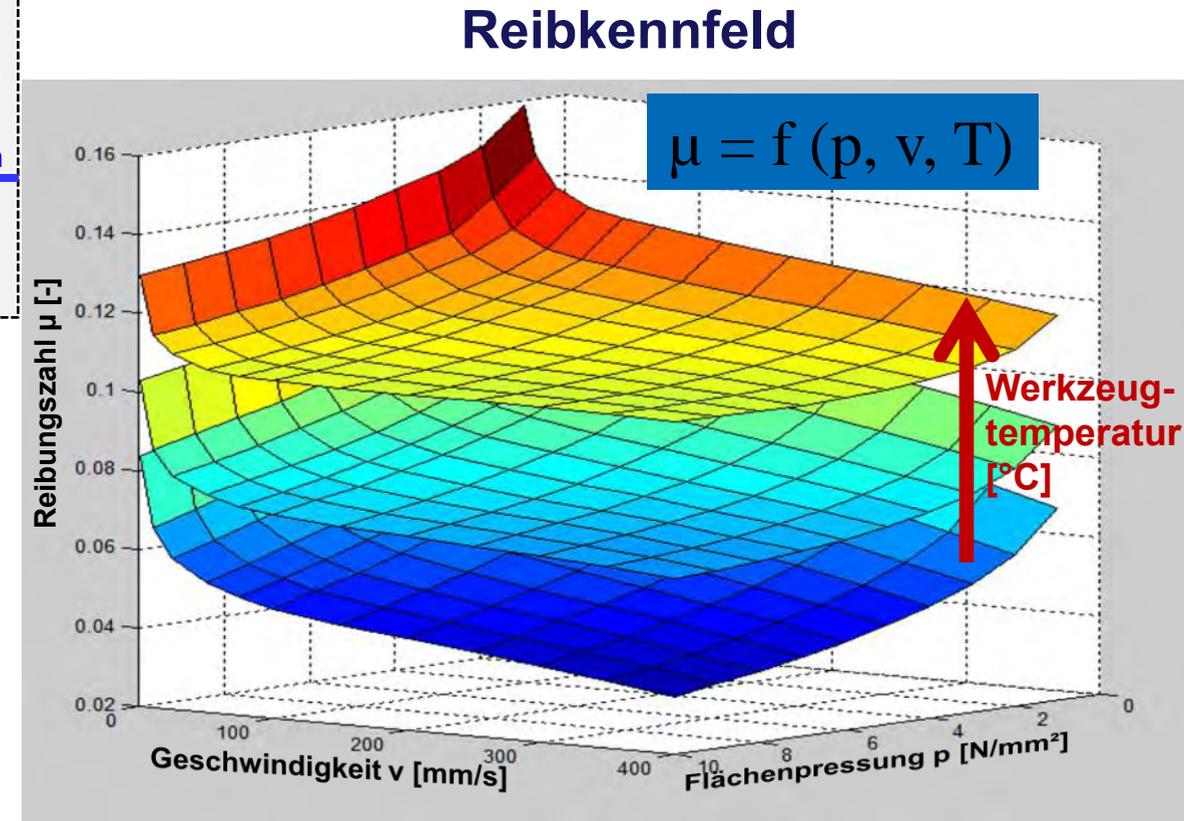
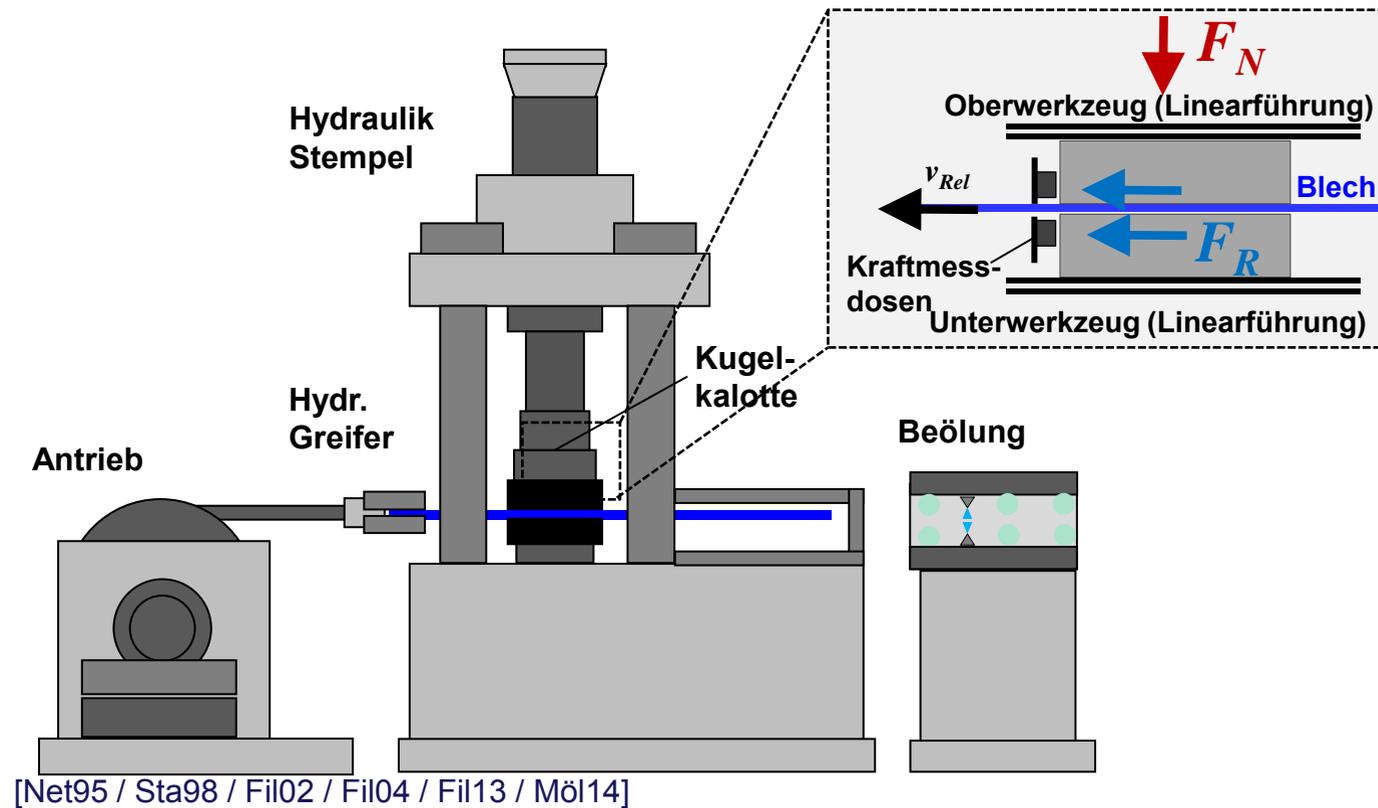
Aktorik:

- Kontrollierbare Multipunkt Ziehkissen
- Werkzeugdistanzen

Sensorik

- Echtzeitmessung Prozesstemperatur
- Echtzeitmessung Draw-In

Etablierte Streifenziehanlage der TU Darmstadt

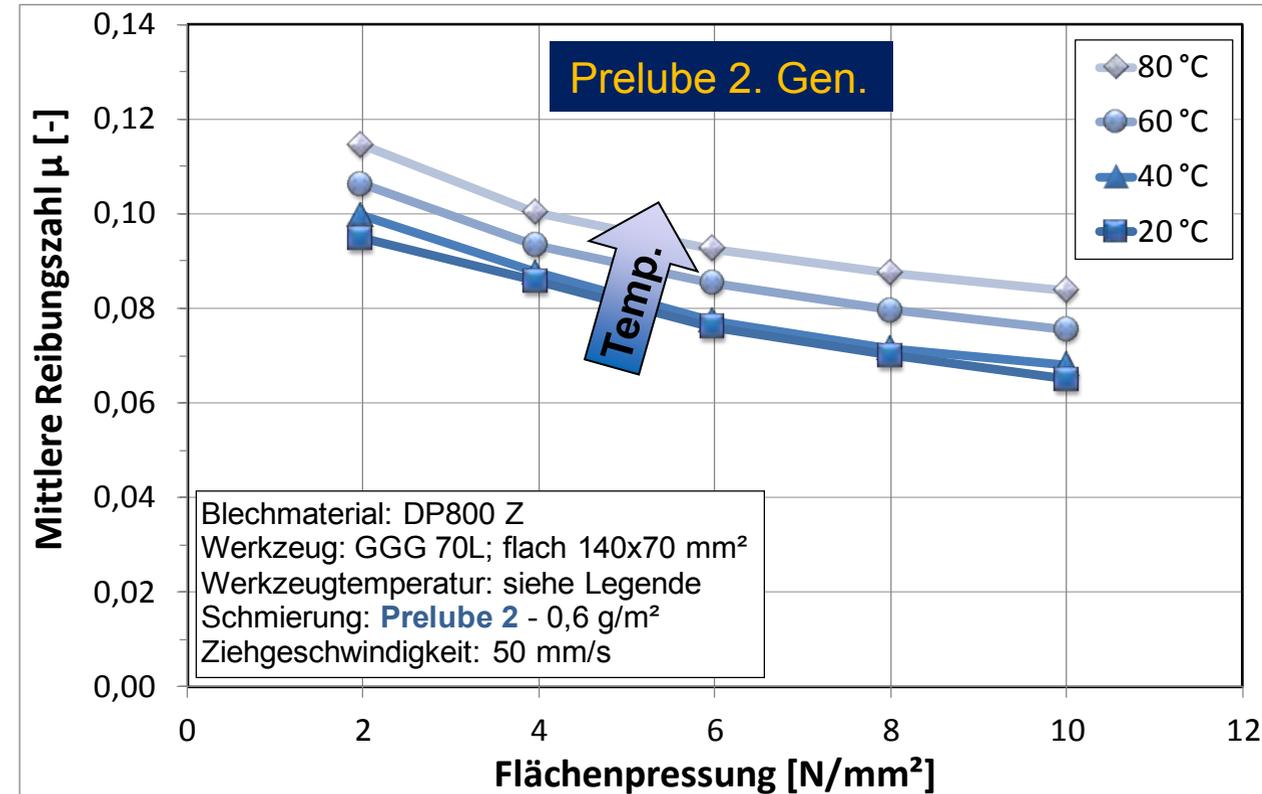
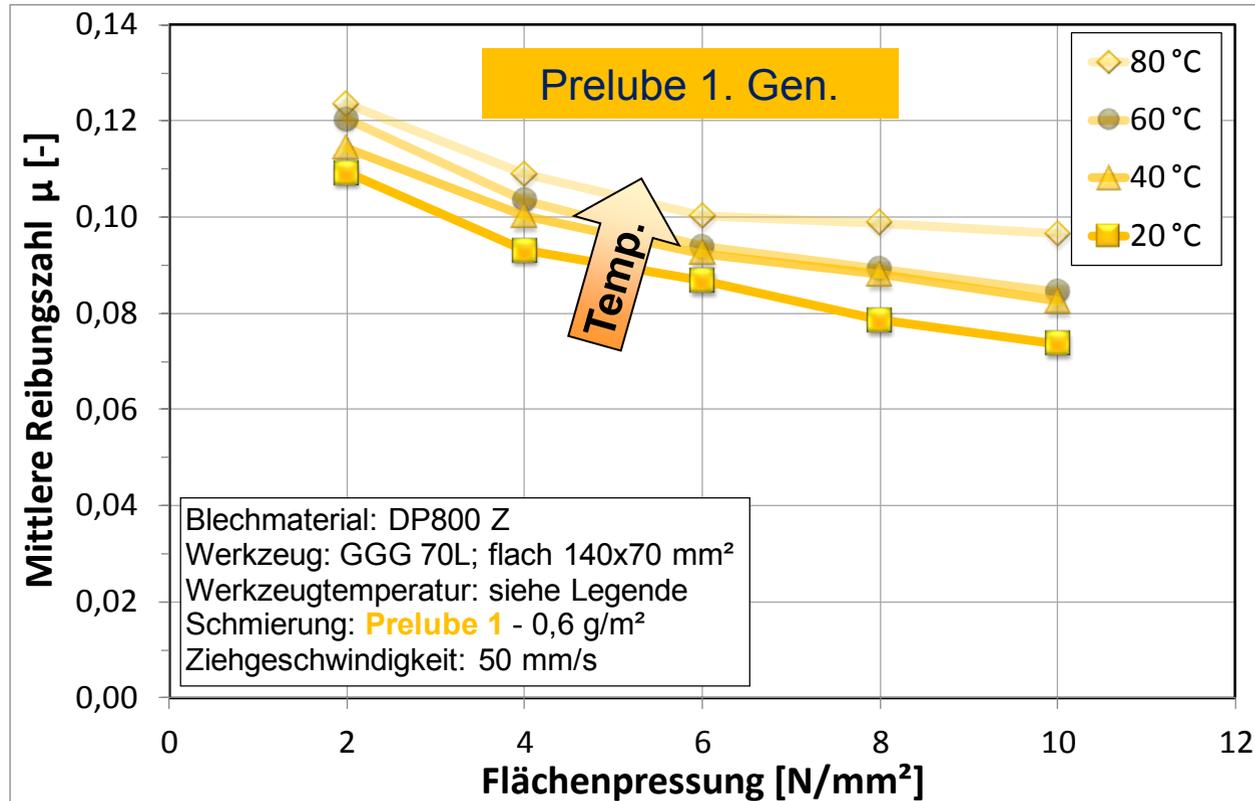


- Reibprüfung nach VDA-Richtlinie 230/213 spezifiziert
- DoE-Methodik zur Reduktion des Versuchsumfanges möglich
- Weiterverarbeitung in Software FrictionGenerator

ASPECT Versuchsprogramm für Reibversuche

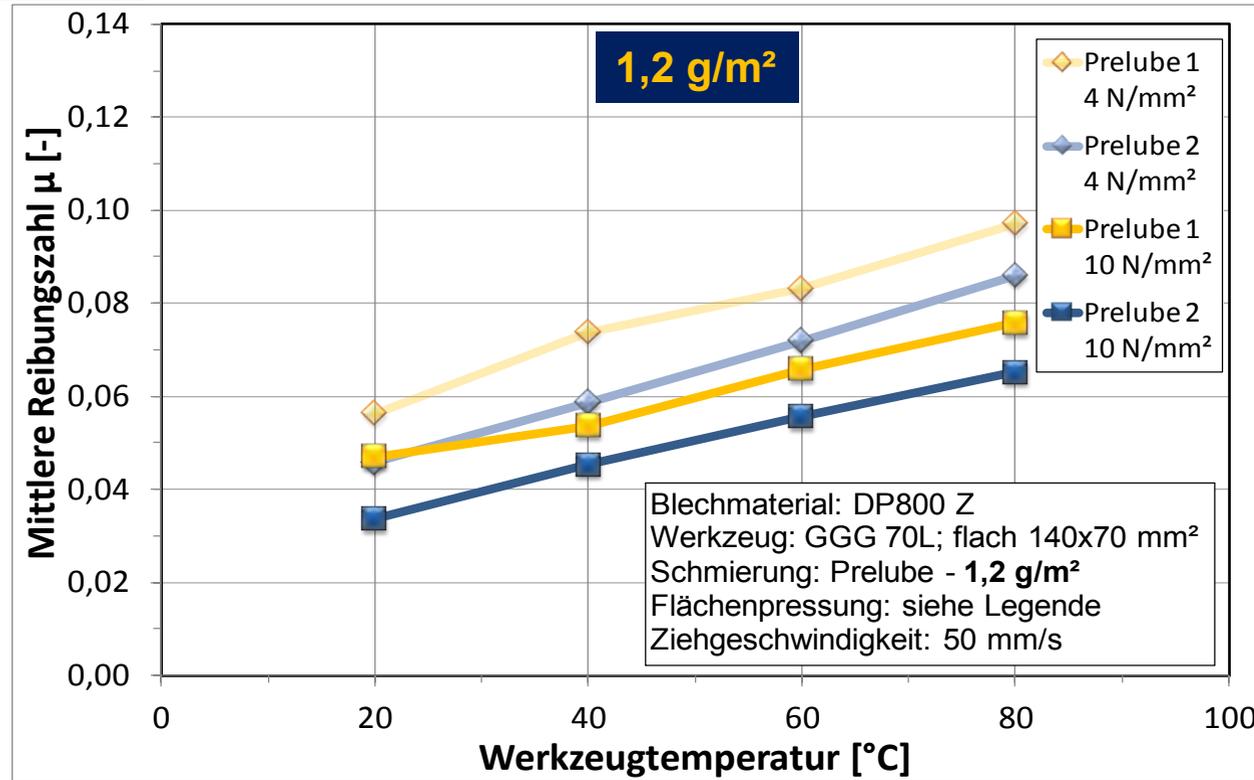
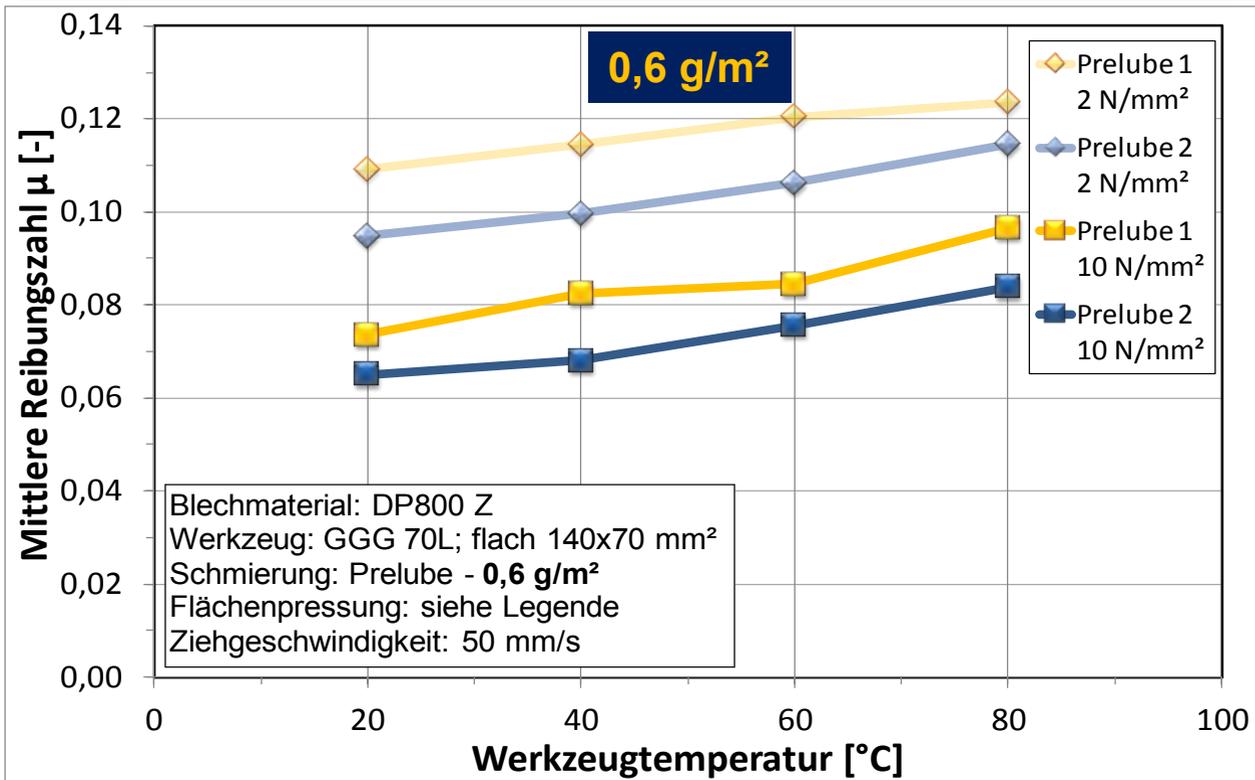
	DX56 Z	Zeller+Gmelin PL61	1 Tool, GGG70L, 140x70mm ² ,	
	DX56 ZM			
	BH180 Z			
	DP800 Z		Ra=0,15-0,2µm	20, 40, 60, 80 °C
		Z+G PL61 SE		
	AlSi420	Castrol	Ceratzid CF-S18Z	
	Stainless Steel	Z+G ZS 10 Basic		

Reibkurven bei verschiedenen Werkzeugtemperaturen



- bei beiden Prelubes steigt die Reibkurve mit zunehmender Temperatur an!
- Reibkurven bei Prelube 2 liegen etwa 10 – 15 % niedriger!

Einfluss der Werkzeugtemperatur und Schmiermenge

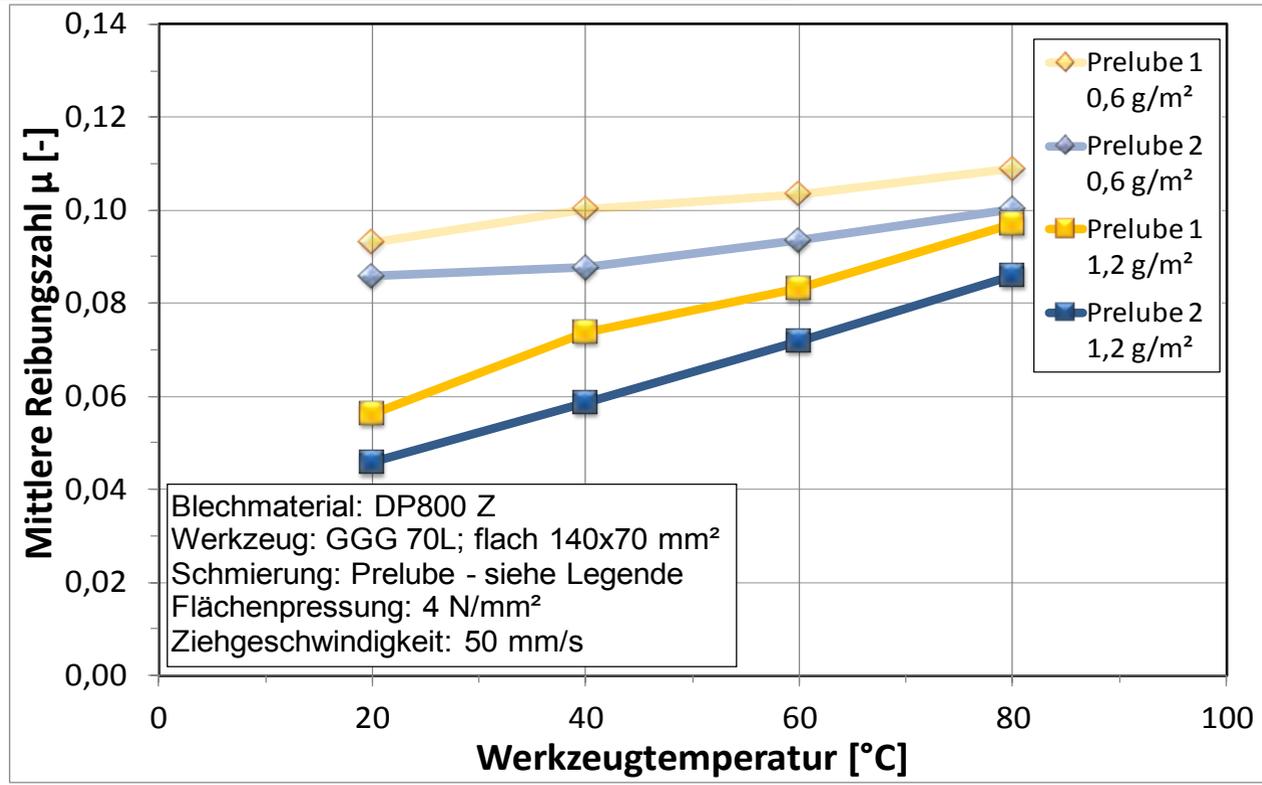


		mittleres $\Delta\mu$ bez. auf 20 °C		
Prelube	Ölmenge	40 °C	60 °C	80 °C
Pl 1.Generation	0,6 g/m²	+9%	+12%	+20%
Pl 2.Generation	0,6 g/m²	+3%	+13%	+23%

		mittleres $\Delta\mu$ bez. auf 20 °C		
Ölmenge		40 °C	60 °C	80 °C
1,2 g/m²		+23%	+44%	+67%
1,2 g/m²		+31%	+61%	+91%

➤ mit zunehmender Schmiermenge steigt die Reibung über der Temperatur stärker an

Einfluss der Werkzeugtemperatur und Schmiermenge



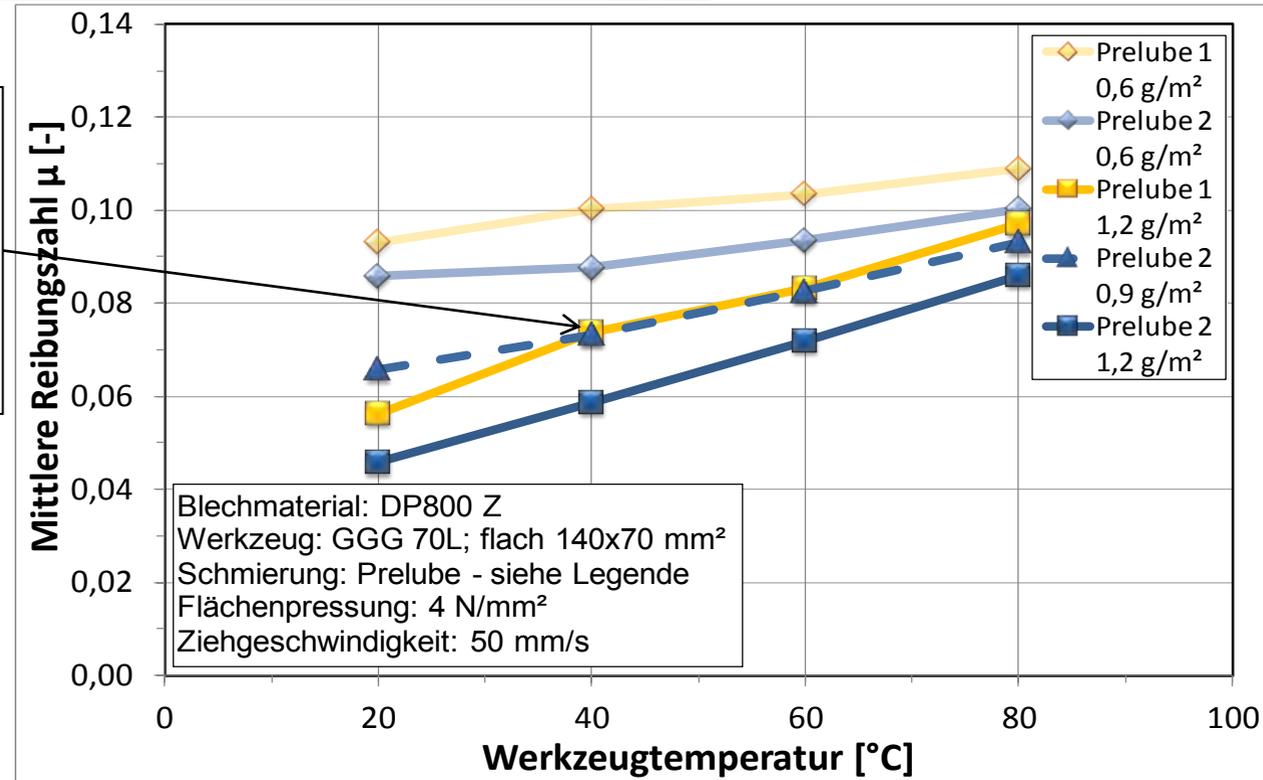
		mittleres $\Delta\mu$ bez. auf 20 °C		
Prelube	Ölmenge	40 °C	60 °C	80 °C
Pl 1.Generation	0,6 g/m²	+9%	+12%	+20%
Pl 2.Generation	0,6 g/m²	+3%	+13%	+23%

		mittleres $\Delta\mu$ bez. auf 20 °C		
Ölmenge		40 °C	60 °C	80 °C
1,2 g/m²		+23%	+44%	+67%
1,2 g/m²		+31%	+61%	+91%

➤ mit zunehmender Schmiermenge steigt die Reibung über der Temperatur stärker an

Schmiermengenreduktion und Temperatureinfluss

➤ Ziel / Annahme:
gleiche Reibleistung
beider Prelubes
bei 40°C



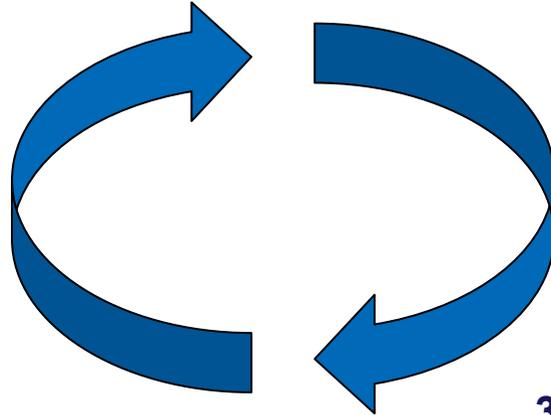
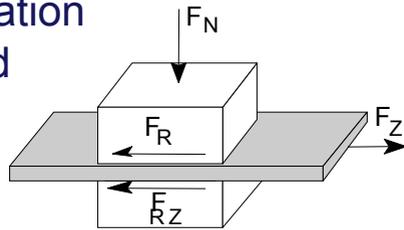
- für gleiches Reibniveau (40°C) reicht bei Prelube 2 weniger Schmiermenge (-0,3 g/m²) aus!
- **weniger Schmiermenge des Prelube 2 führt zu geringerer temperaturinduzierter Reiberhöhung:**

	mittleres $\Delta\mu$ bez. auf 20 °C		
Ölmenge	40 °C	60 °C	80 °C
1,2 g/m²	+23%	+44%	+67%
0,9 g/m²	+13%	+29%	+46%

ASPECT-Demonstrationslinie

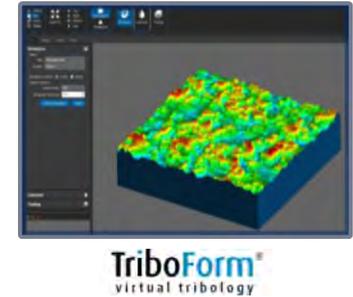
1. Strip Drawing Test:

experimental demonstration of temperature induced friction increase



2. Triboform Software Demonstrator:

prediction of friction



4. Demo Deep Drawing:

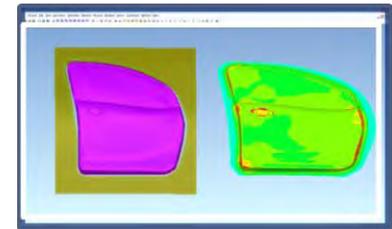
exp. demonstration of ...

- effects of temperature induced friction increase on forming result and part failure
- (principal) control possibilities for compensation of temperature effects



3. FEM Pamstamp Demonstrator:

virtual demonstration of the effects of temperature induced friction increase on forming result



Beheizbarer Umform-Demonstrator

Ziel:

- Realitätsnaher Tiefziehprozess zur Demonstration des Einflusses der temperaturinduzierten Reibungsveränderung auf das Umformergebnis
- Darstellung der prinzipiellen Möglichkeit zur Gegensteuerung der störenden Reibungserhöhung mittels Anpassung der Blechhalterkraft

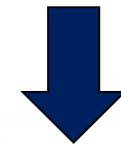
Anforderungen:

- komplexe, realitätsnahe Bauteilgeometrie
- **hohe Reibsensitivität**
- beheizbar bis 80 °C
- flexible Blechhalterkräfte
- zusätzliche Messung von Stempelkraft

Untersuchte Prinzipien:

- Runder Tiefziehnapf
- Rechtecknapf
- verschiedene realitätsnähere Geometrien

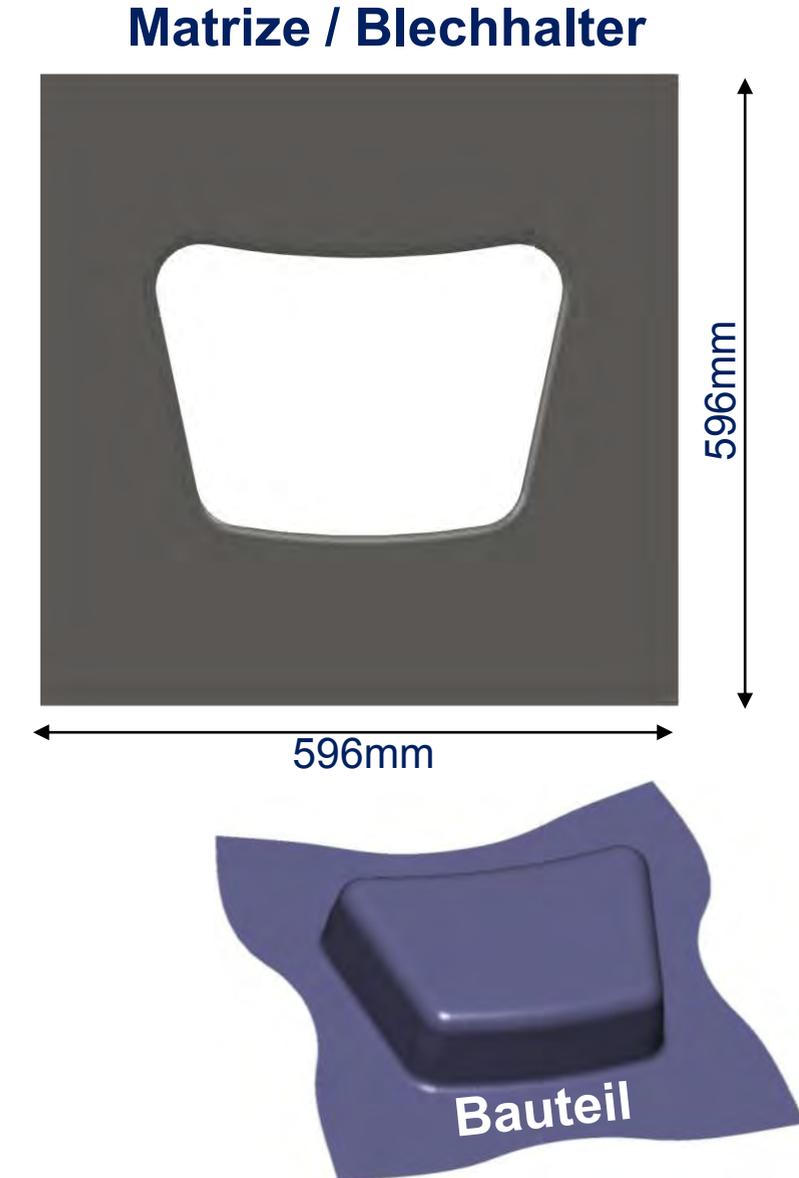
Realbauteile



Beheizbarer Umform-Demonstrator

Finale Geometrie:

- komplexe Bauteilgeometrie
 - Trapezförmiger Stempel
 - konkave und konvexe Zonen
 - geneigte Bauteilwand
- ausgeprägte Ähnlichkeit zu Automobilteilen
- ausgeprägte Reibsensitivität



Aufbau beheizbarer Umform-Demonstrator

500 kN DMS-Kraftmessdose für Stempelkraft



Betrieb auf Syncro press ($F_{max}=2.500 \text{ kN}$)

beheizte und isolierte Matrize + Blechhalter mit je 4 unabhängigen Temperatur-Regelkreisen

8 Stickstoff-Gasfedern für Blechhalterkraft bis 1.200 kN



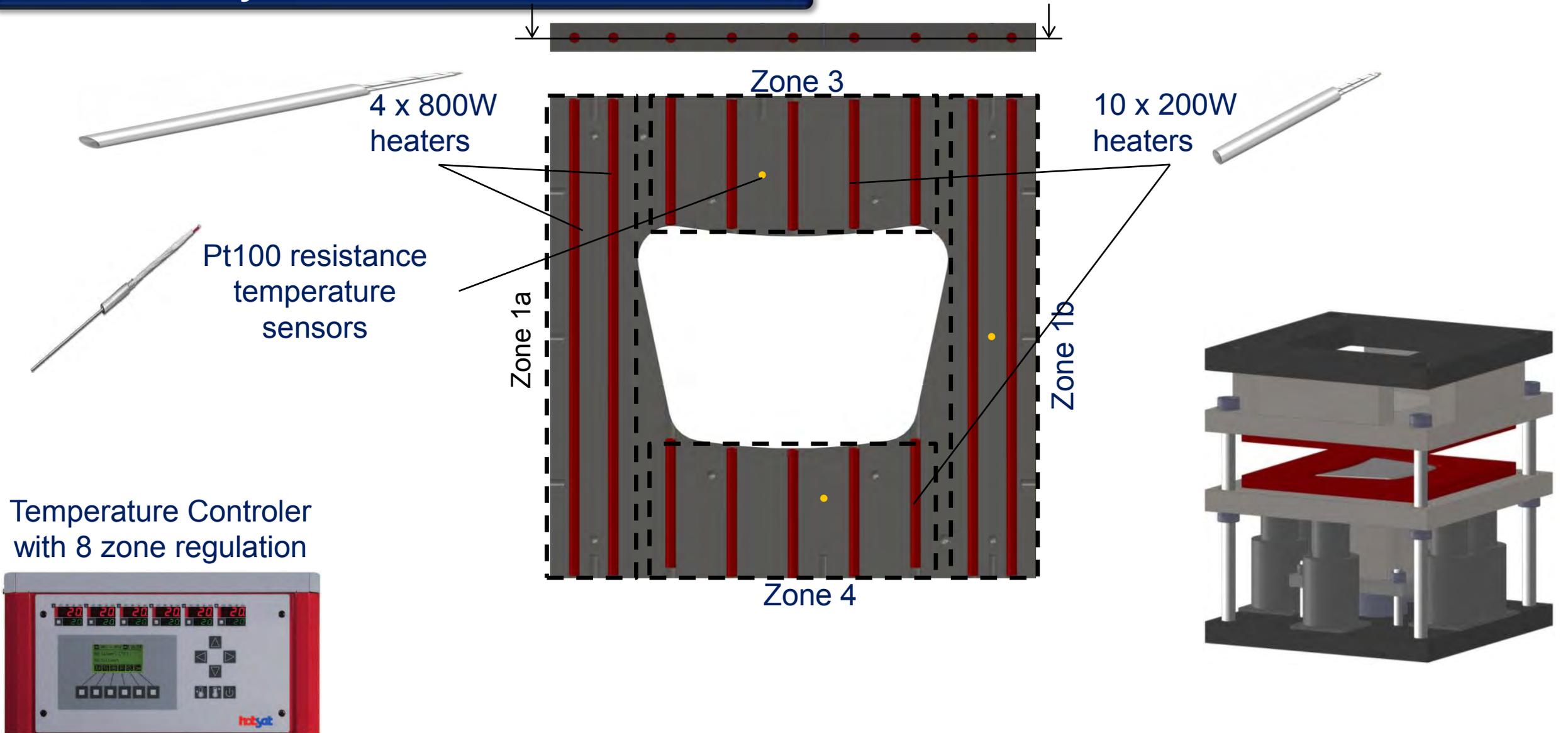
Bauteil



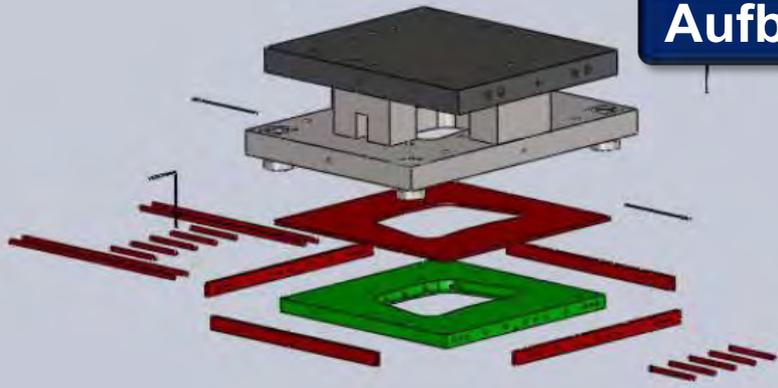
Drucktransmitter Blechhalterkraft



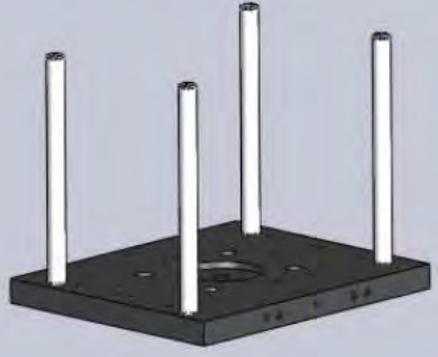
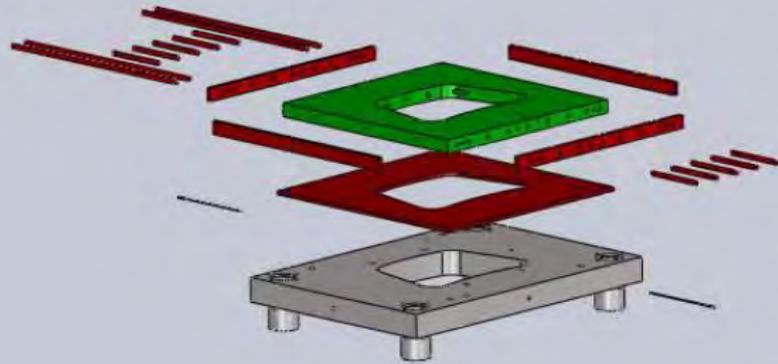
8 Zonen-Heizsystem für Matrize und Niederhalter



Aufbau beheizbarer Umform-Demonstrator

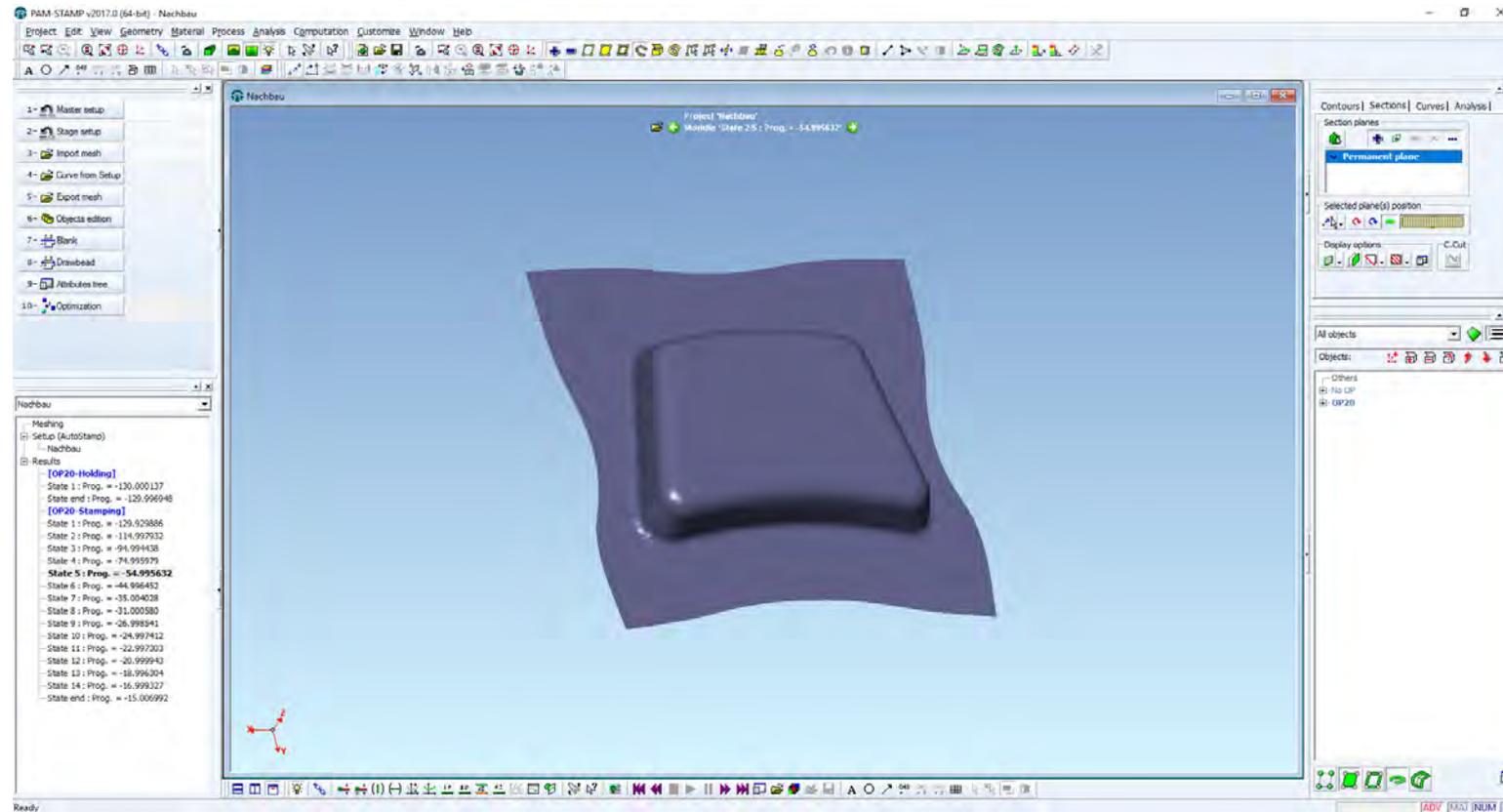


grün = Aktivelemente
rot = Heizelemente / Isolierung



FE Simulation für Demo Line:

- PAM-STAMP Simulationen der Demonstrator-Geometrie
- Nachweis der Reibsensitivität
- Reibungsberücksichtigung zum Nachweis der temperaturinduzierten Reibungsveränderung
- Nachweis der prinzipiellen Regelungsmöglichkeit



ASPECT Demo Line für temperaturinduzierte Reibungsveränderung

$T = 20^{\circ}\text{C}$ ($\mu_4 = 0.09$)
 $F_{N,0} = 456 \text{ kN}$

Temperaturerhöhung

$T = 80^{\circ}\text{C}$ ($\mu_4 = 0.12$)
 $F_{N,0} = 456 \text{ kN}$

Reduktion NH-Kraft

$T = 80^{\circ}\text{C}$ ($\mu_4 = 0.12$)
 $F_{N,0} = 304 \text{ kN}$

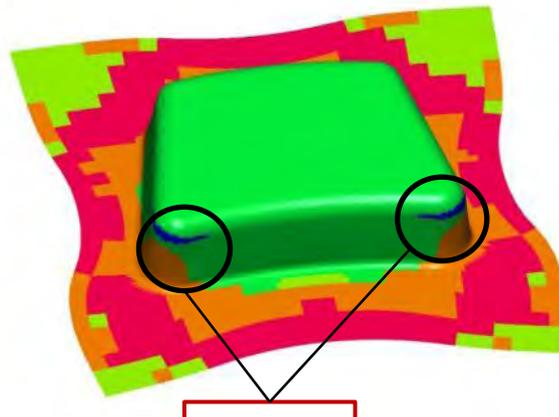
FLD (strain) - Zones by quality - Membrane

- Strong wrinkling trend (6)
- Wrinkling trend (5)
- Insufficient stretching (4)
- Safe (3)



FLD (strain) - Zones by quality - Membrane

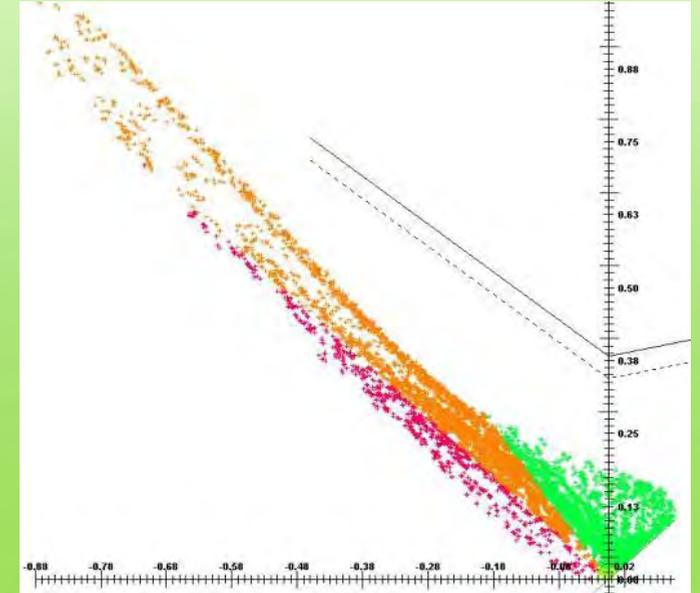
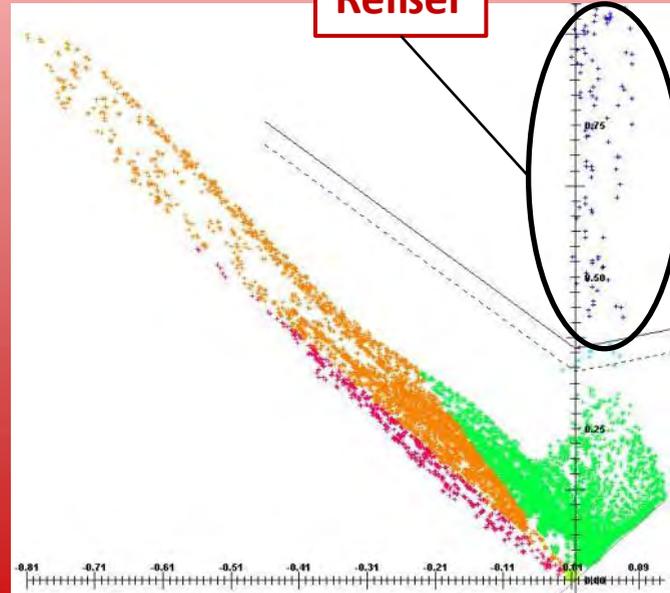
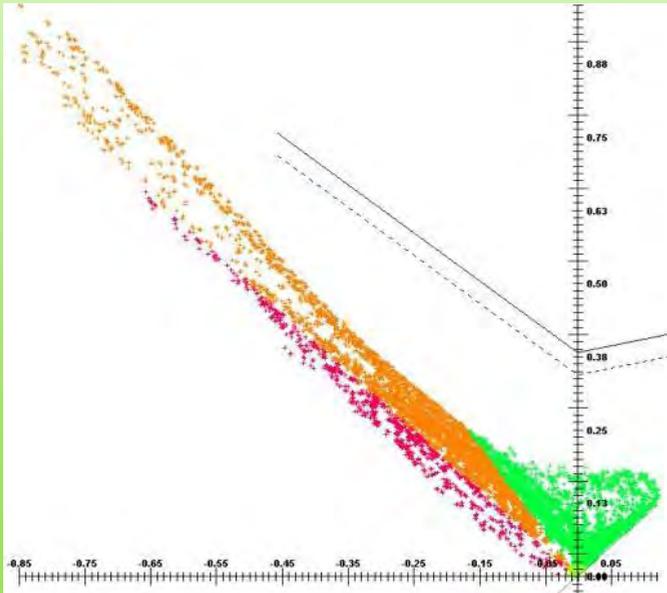
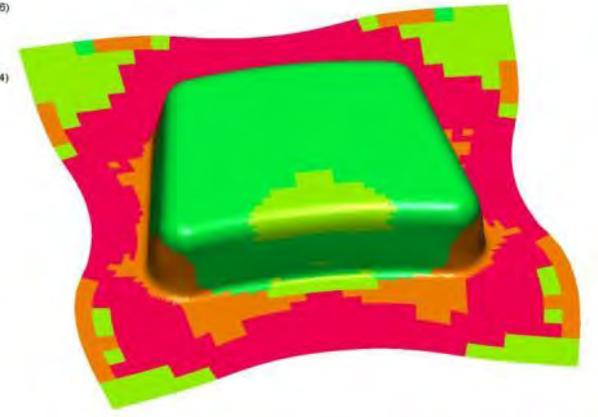
- Strong wrinkling trend (6)
- Wrinkling trend (5)
- Insufficient stretching (4)
- Safe (3)
- Marginal zone (2)
- Cracks (1)



Reißer

FLD (strain) - Zones by quality - Membrane

- Strong wrinkling trend (6)
- Wrinkling trend (5)
- Insufficient stretching (4)
- Safe (3)



Zusammenfassung:

- **EU-Projekt ASPECT zur Analyse der Reibungsveränderung durch instationäre Werkzeugtemperaturen für die Prozessauslegung und –kontrolle***
- **teilweise deutlicher Anstieg der Reibung über der Werkzeugtemperatur (bis zu 90 %)**
- **mit zunehmender Schmierleistung (Viskosität, Schmiermenge) noch deutlicherer Anstieg der Reibung über der Temperatur**
- **Aufbau einer Demonstrationslinie für temperaturinduzierte Reibungsveränderung**

Ausblick:

- **Reibtests von weiteren Tribosystemen bzgl. Temperatureinfluss**
- **Industrielle Demonstratoren (bei Opel und Philips) mit Prozessregelung des Temperatureinflusses bis Mitte 2019**
- **zeitnahe Inbetriebnahme von ASPECT Umform-Demonstrator und Demo Line, 1. Gratis-Schulungstag zu temperaturinduzierter Reibungsveränderung am 16.10.2018**