

Parameteridentifikation zur Prozesssimulation des Hochgeschwindigkeits-Bolzensetzens

Dr.-Ing. Michael Gerkens

Agenda



Motivation



Charakterisierungsaufgaben



Prozessbeschreibung



Experimentelle Charakterisierungen



Numerische Simulation



Diskussion der Ergebnisse



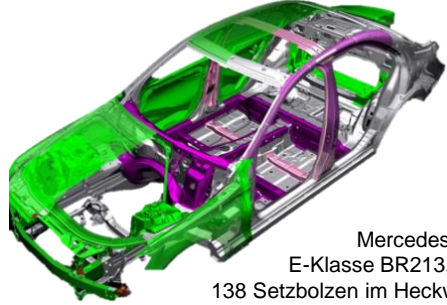
Zusammenfassung



Motivation

Leichtbau-Strategie

Multi-Material-Design



Mercedes Benz
E-Klasse BR213, 2016
138 Setzbolzen im Heckwagen

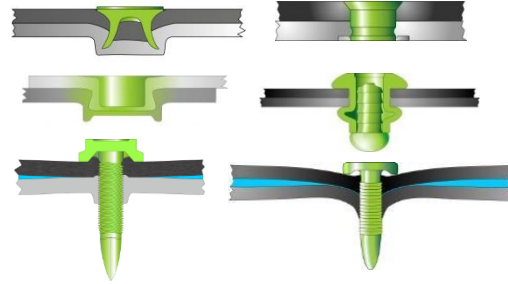
Profilbauweise



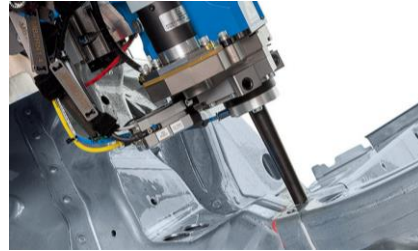
Quelle: Daimler, Audi

Verbindungstechnik

Mechanische Fügechnik



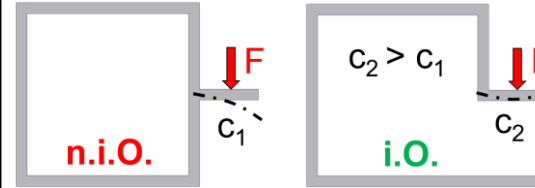
Einseitige Zugänglichkeit



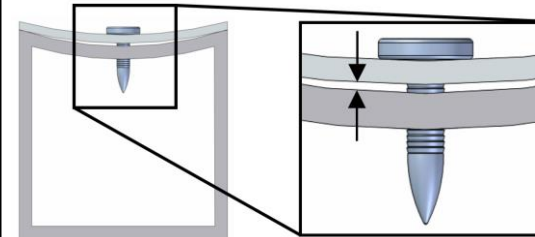
Quellen: LWF, Böllhoff

Fügestellensteifigkeit beim Bolzensetzen

Fügarkeit am Bauteil



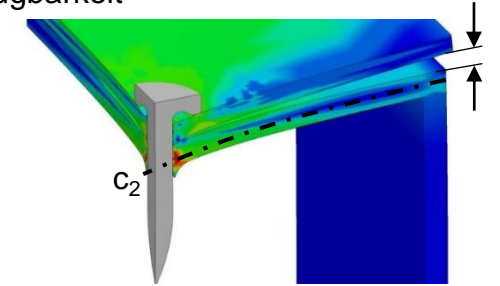
Spaltbildung beim Hybridfügen



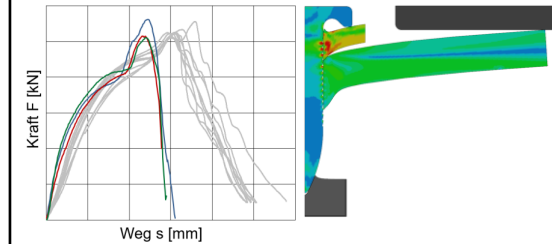
Quelle: LWF

Simulative Auslegung

Fügarkeit



Eigenschaftsprofil

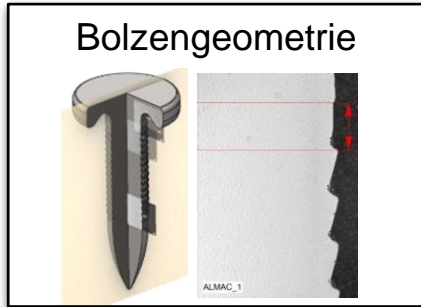


Simulation des Fügeprozesses und der Verbindungs-Tragfähigkeit

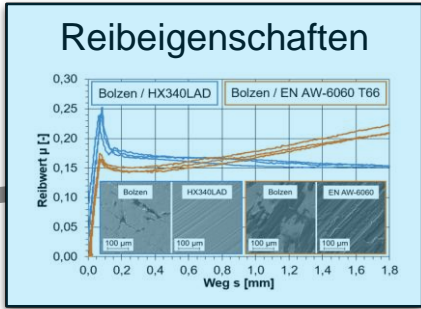


Charakterisierungsaufgaben

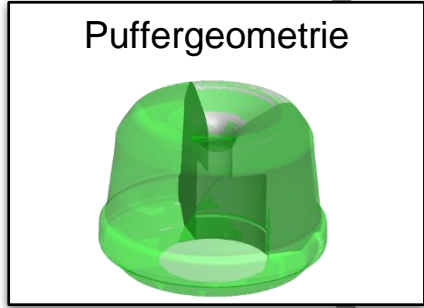
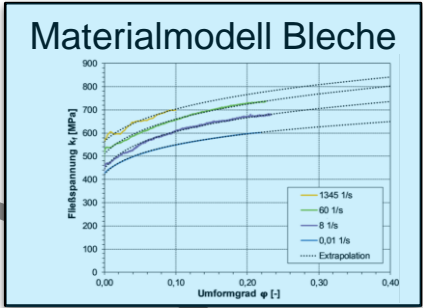
Hochgeschwindigkeits-Bolzensetzen



Remeshing strategy

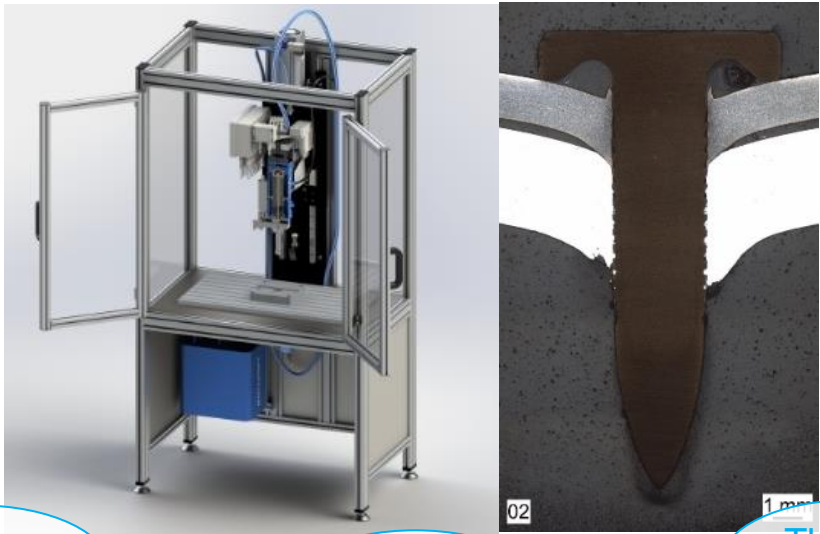


Friction model



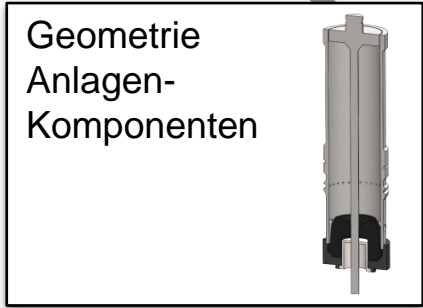
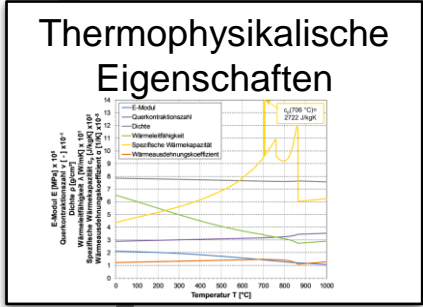
Mesh density

Element formulation



Strainrate dependency

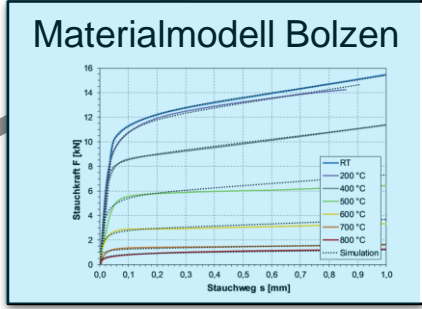
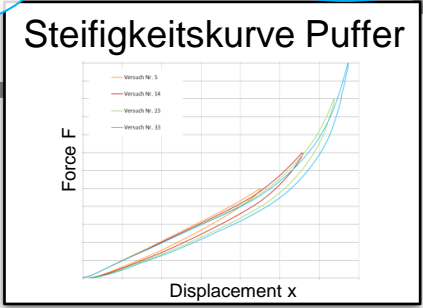
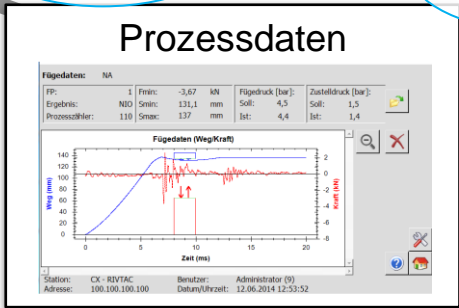
Contact definition



Motion control

Spring-back

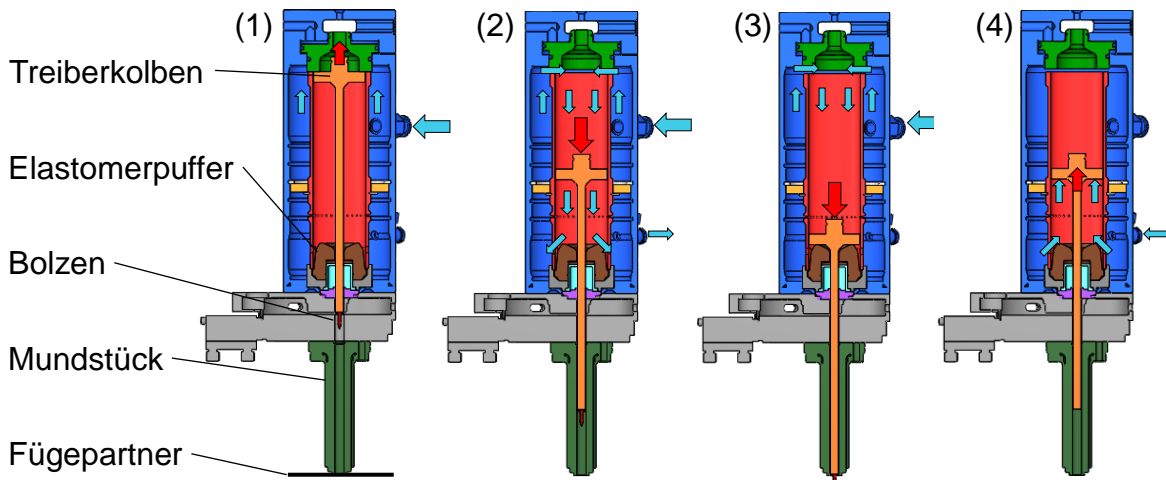
Thermal effects



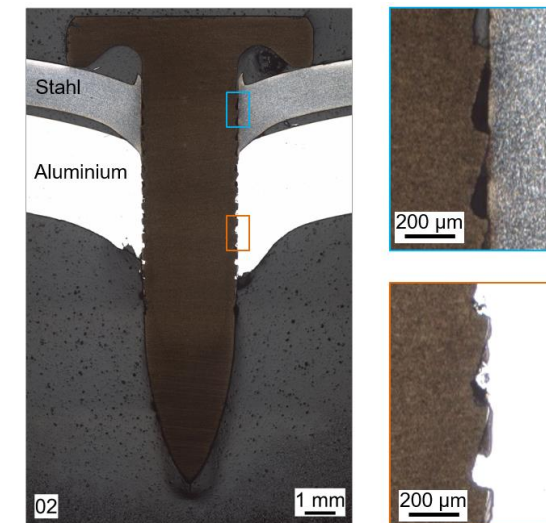
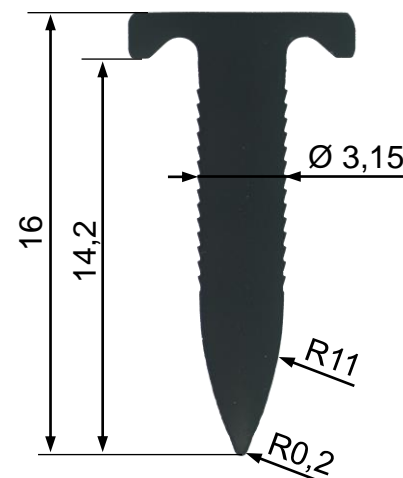


Hochgeschwindigkeits-Bolzensetzen

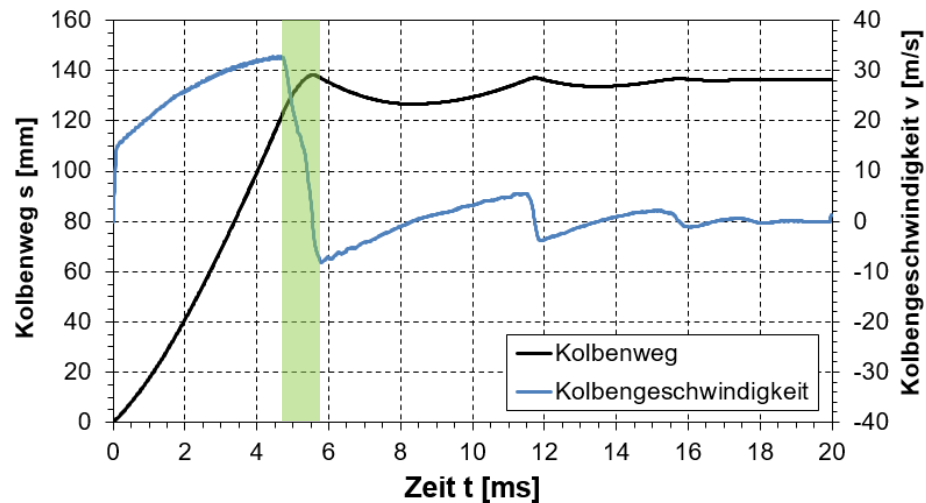
Verfahrensablauf



Bolzengeometrie



Prozessdaten



Anforderungen an die Simulation/ Charakterisierung

- Fügegengeschwindigkeit bis 40m/s
- Prozesszeit < 1ms
- Hohe Umformgrade und Kontaktdrücke
- Lokale Dehnraten > 10.000 1/s
- Lokale Temperaturen > 800°C bei Stahl (400°C Alu)
- Beschnitt und Rückfederung der Verbindung



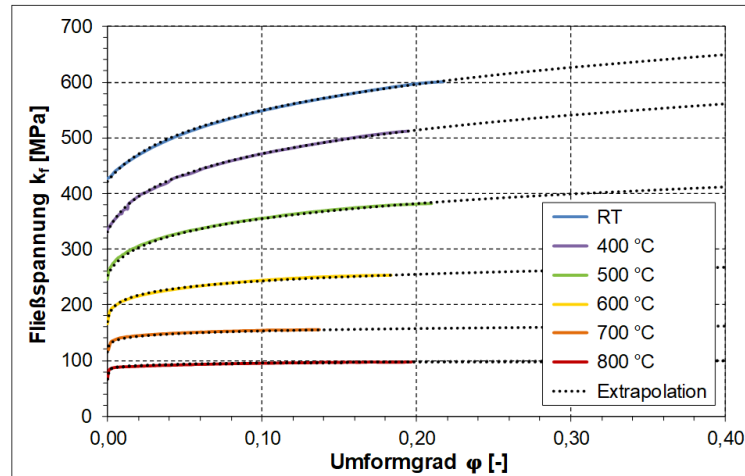
Warmzugversuch

Aufbau

- Universalprüfmaschine Zwick Z1484
- Schulterproben mit verlängerten Schultern
- Mechanisches Spannzeug
- Konduktive Erwärmung mit Wechselstrom (Schweißstromquelle)
- Temperaturmessung mit Thermoelement
- Regelung mit PID-Regelung
- Dehnungsmessung mit GOM Aramis
- Grauwertmuster mit hitzebeständigem Lack aufgetragen

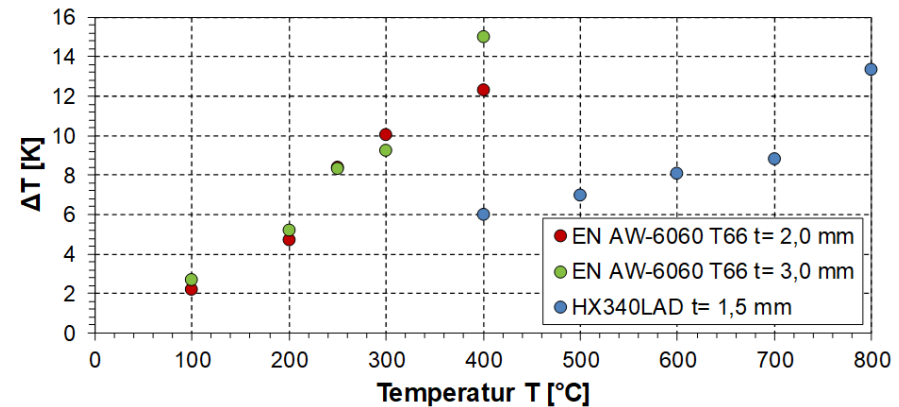
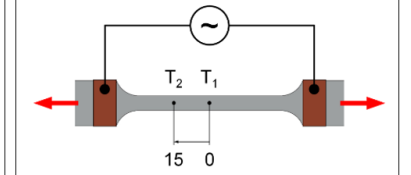


Ergebnisse (Beispiel: HX340LAD, t= 1,5 mm)



Extrapolation	Swift: $k_f = A \cdot (B + \phi)^n$					
Temperatur [°C]	RT	400	500	600	700	800
A [MPa]	728	630	455	285	168	102
B [-]	0,015	0,007	0,005	0,0006	0,0001	1E-06
n [-]	0,13	0,13	0,11	0,07	0,04	0,03

Prüfmethode	Warmzugversuch
Prüfmaschine, Steuerung	Zwick 1484, Hegewald & Peschke
Werkstoff	HX340LAD, t = 1,5 mm
Prüfgeschwindigkeit, Dehnrage	72 mm/min, 0,01 s ⁻¹
Kraftmessung	200-kN-Kraftmessdose
Verformungsmessung	GOM ARAMIS Adjustable
Heizmethode, Temperaturmessung	Konduktiv (Wechselstrom), Thermoelement
Probengeometrie, Probenentnahme	Flachzugprobe, 0° zur Walzrichtung





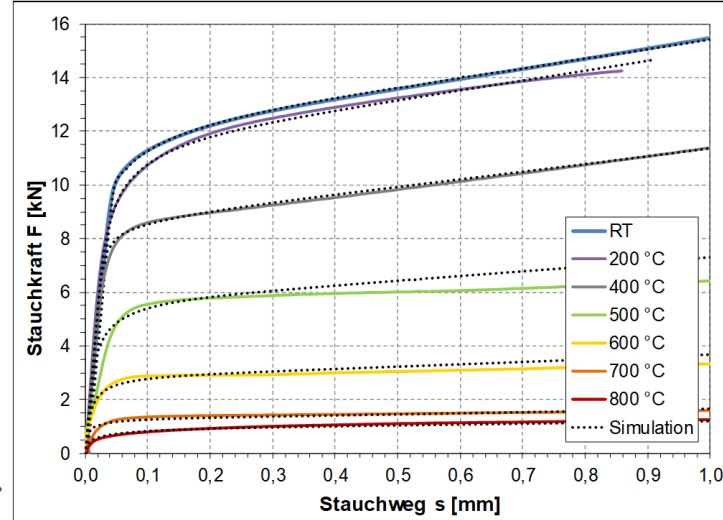
Warmstauchversuch

Aufbau

- Universalprüfmaschine Zwick Z1484
- Planparallel geschliffene Bolzen
- Induktiv beheizter und VHM-Stauchstempel
- Wassergekühlte Stempelaufnahme
- Temperaturmessung mit Thermoelementen
- Temperaturregelung mit PID-Regler
- Wegmessung über Traversenweg
- Ermittlung Fließkurve per reverse engineering



Ergebnisse (Beispiel: Bolzen C60)



Extrapolation	Hocket-Sherby: $k_f = \sigma_{\infty} - (\sigma_{\infty} - k_0)e^{-m\phi^n}$						
Temperatur [°C]	RT	200	400	500	600	700	800
σ_{∞} [MPa]	1750	1650	1260	800	400	180	130
k_0 [MPa]	1330	850	600	450	150	80	30
m [-]	12	12	5,3	18	18	18	12
n [-]	0,60	0,48	0,23	0,57	0,5	0,5	0,5

Prüfmethode	Warmstauchversuch
Prüfmaschine, Steuerung	Zwick Z1484, Hegewald und Peschke
Bolzen, Charge	FK 16-8-3, C60 ZnNi H3, 3226972
Prüfgeschwindigkeit	10 mm/min
Prüftemperatur, Aufheizzeit	siehe Diagramm
Temperierung	Induktion
Kraftmessung	200 kN Kraftmessdose
Wegmessung	Traverse, (Elastizität korrigiert)
Probengeometrie	geschliffener Bolzen

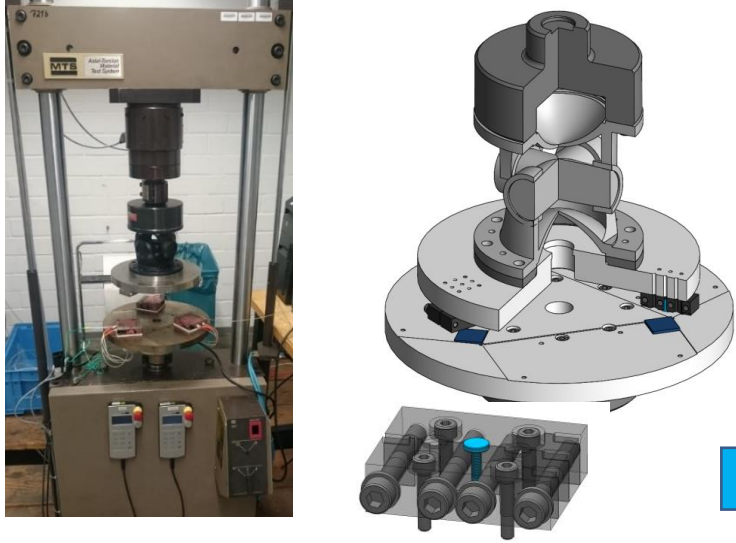
Prozessführung *BOUNDARY_PRESCRIBED_MOTION_RIGID (Wegvorgabe mit 10 mm/min)		Kontakt Bolzen-Stempel, Selbstkontakt des Bolzens *CONTACT_2D_AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE_MORTAR (FS= 0.1)
Vollhartmetall-Stempel *MAT020_RIGID (Lagerung in der Materialdefinition)		Gekürzter Bolzen *MAT224_TABULATED_JOHNSON_COOK (Dehnratenabhängigkeit, ohne Temperaturabhängigkeit)
Allgemeine Einstellungen *CONTROL_IMPLICIT_SOLUTION *CONTROL_TERMINATION (ENDTIM= 17) *SECTION_SHELL (ELFORM= 15) (implizit, thermisch nicht gekoppelt)		Kraftmessung *DATABASE_CROSS_SECTION_PLANE (Frequenz 20 Hz)



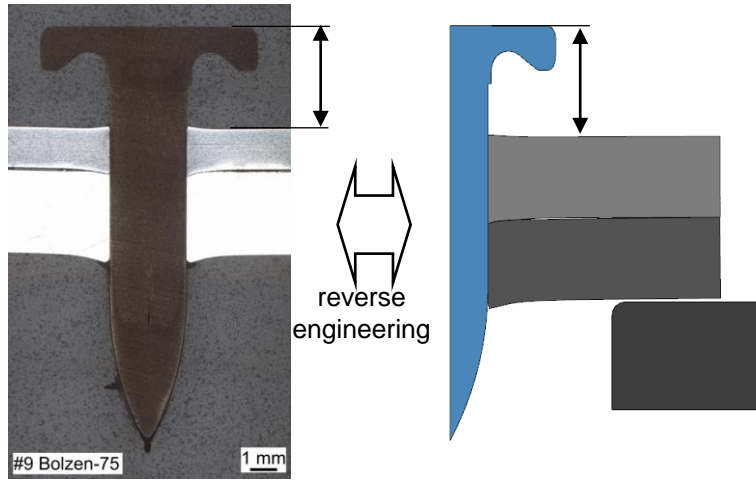
Experimentelle Charakterisierungen

Aufbau

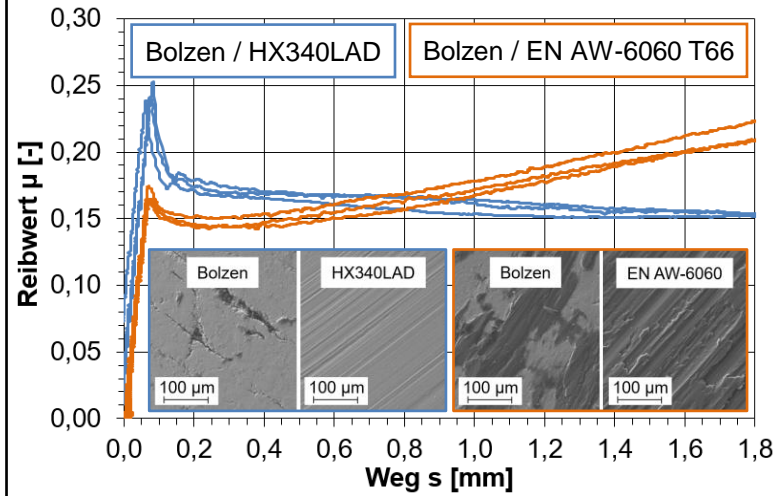
Quasistatische Reibversuche (pin-on-disk)



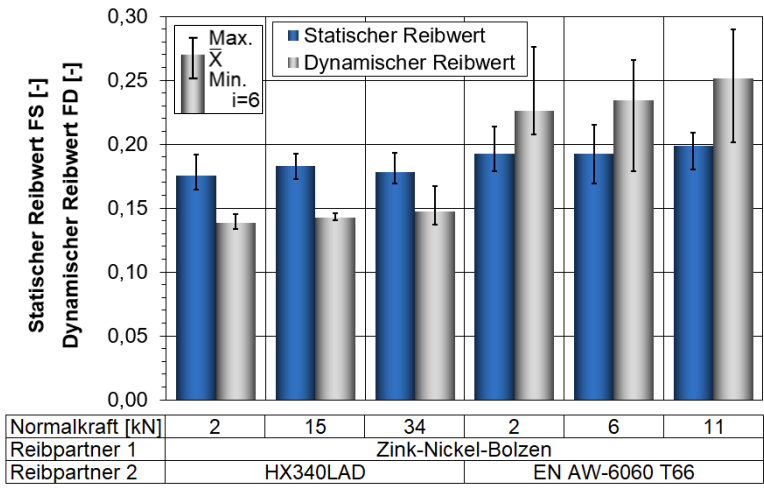
Hochgeschwindigkeits-Reibversuche



Verlauf des Reibwertes

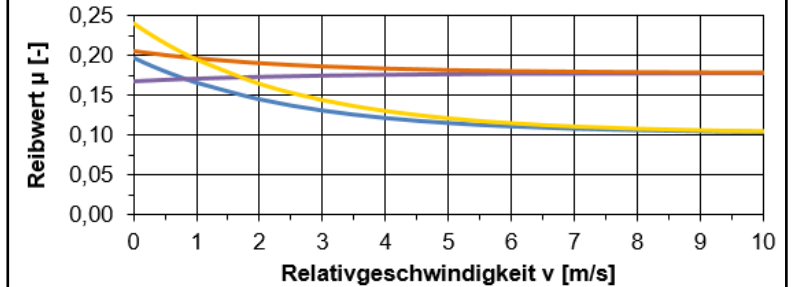


Statische und dynamische Reibwerte



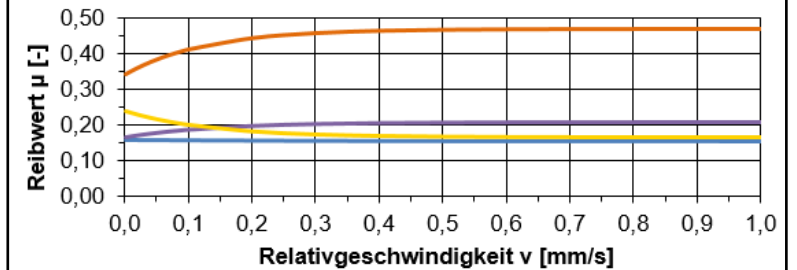
Reibwertmodelle für die Simulation

Fügeprozess



Reibwertmodell	$\mu = FD + (FS - FD)e^{-DC v }$				
Kombination	HX340LAD/ AW-6060 T66		AW-6060 T66/ HX340LAD		
Kontakt mit	Deckblech	Basisblech	Deckblech	Basisblech	
Prozess-Simulation	FS	0,196	0,167	0,206	0,24
	FD	0,103	0,178	0,178	0,103
	DC	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004

Ausdrückprozess



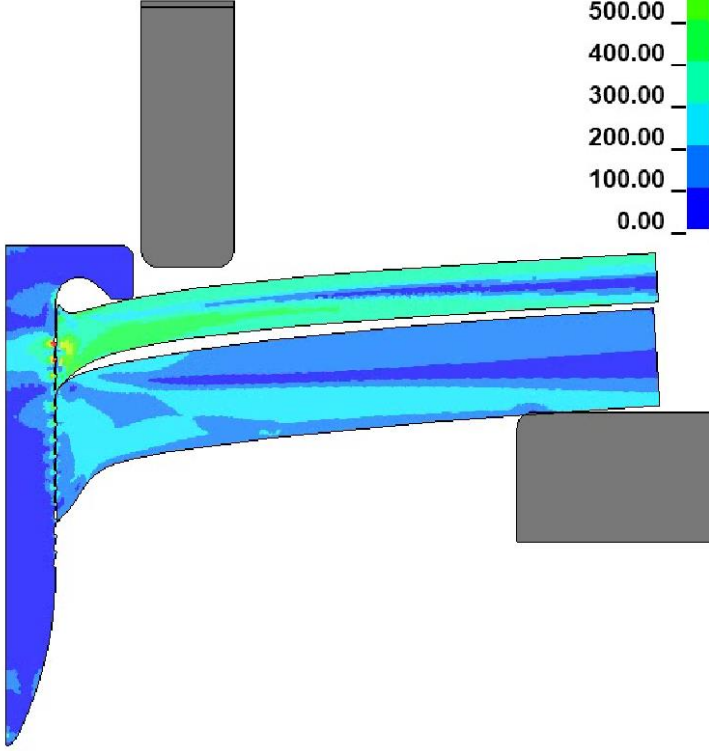
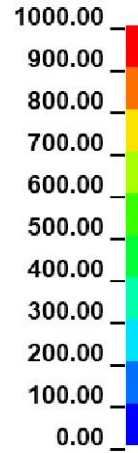
Reibwertmodell	$\mu = FD + (FS - FD)e^{-DC v }$				
Kombination	HX340LAD/ AW-6060 T66		AW-6060 T66/ HX340LAD		
Kontakt mit	Deckblech	Basisblech	Deckblech	Basisblech	
Ausdrück-Simulation	FS	0,158	0,167	0,341	0,240
	FD	0,157	0,207	0,468	0,165
	DC	3	7	8	7,5



Simulation des Bolzensetzprozesses

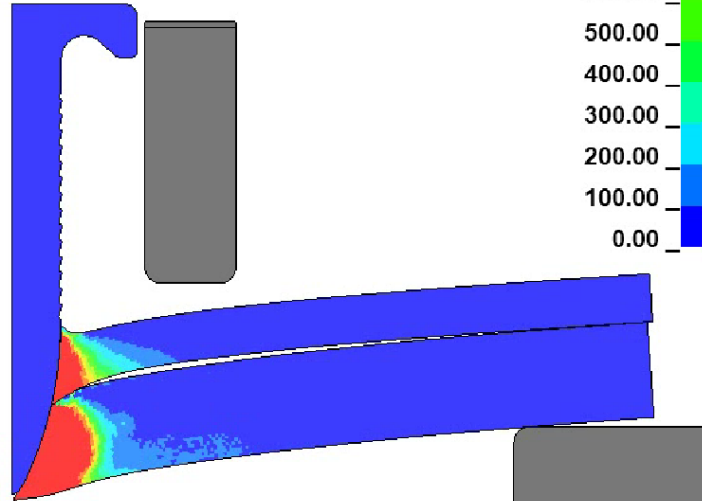
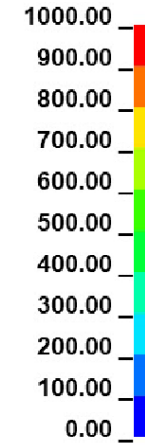
Von Mises Spannung [MPa]

Effective Stress (v-m)



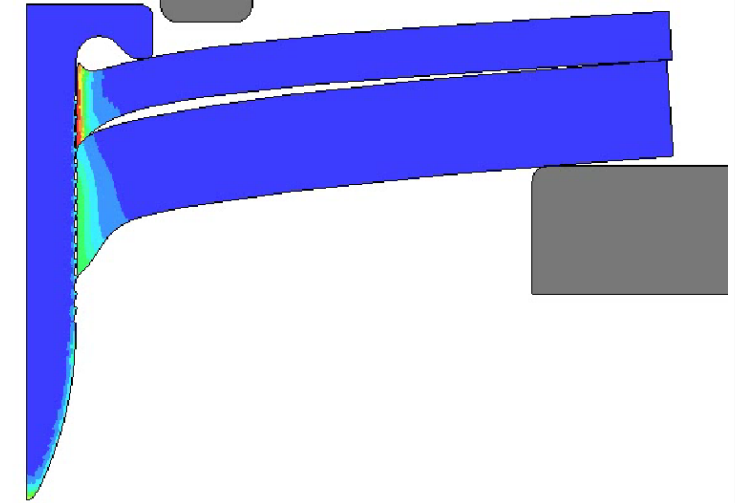
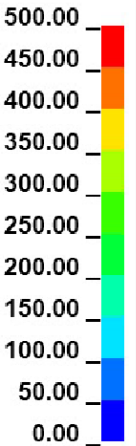
Plastische Dehnrate [-]

History Variable#5



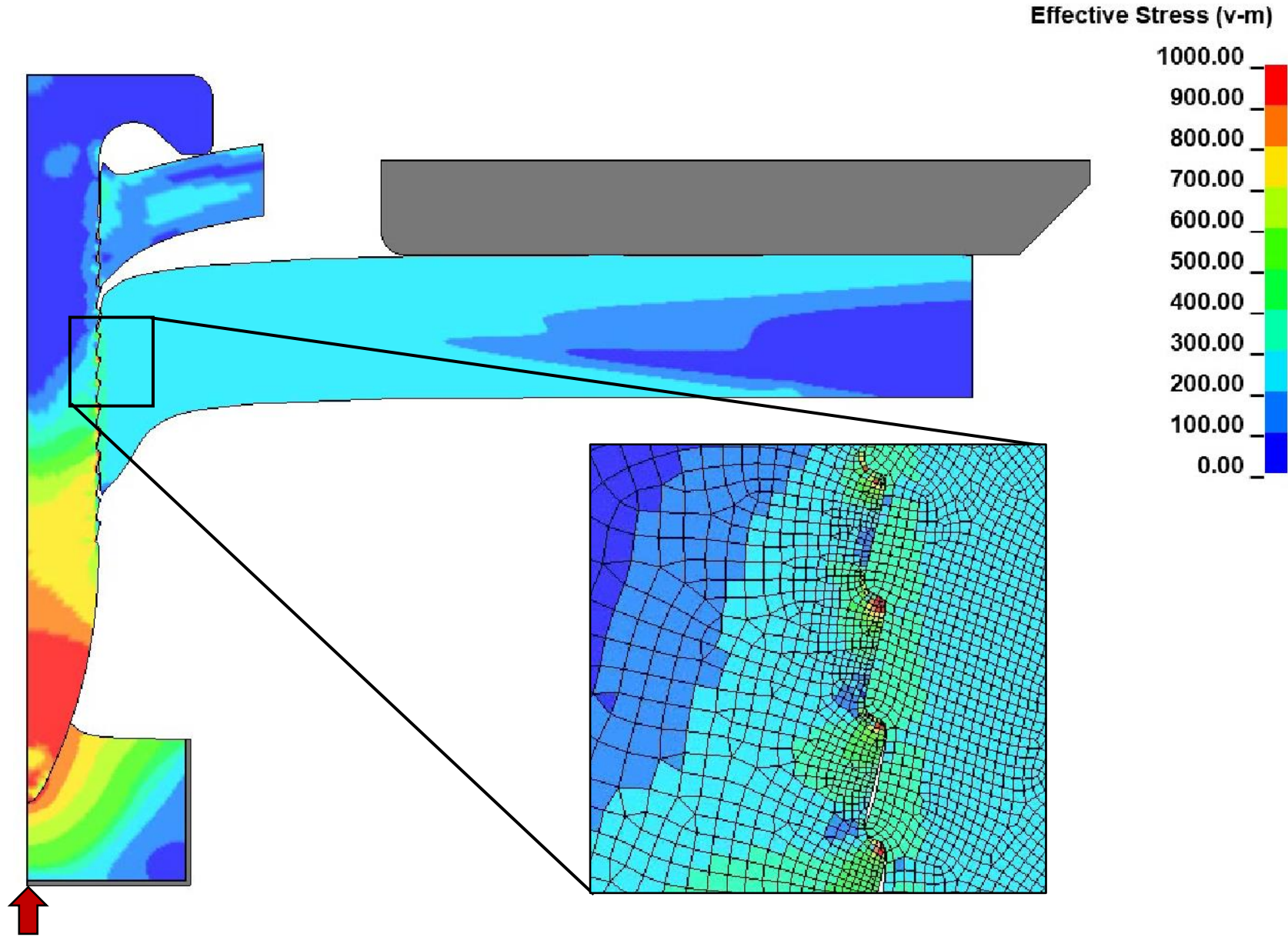
Temperatur [°C]

History Variable#14



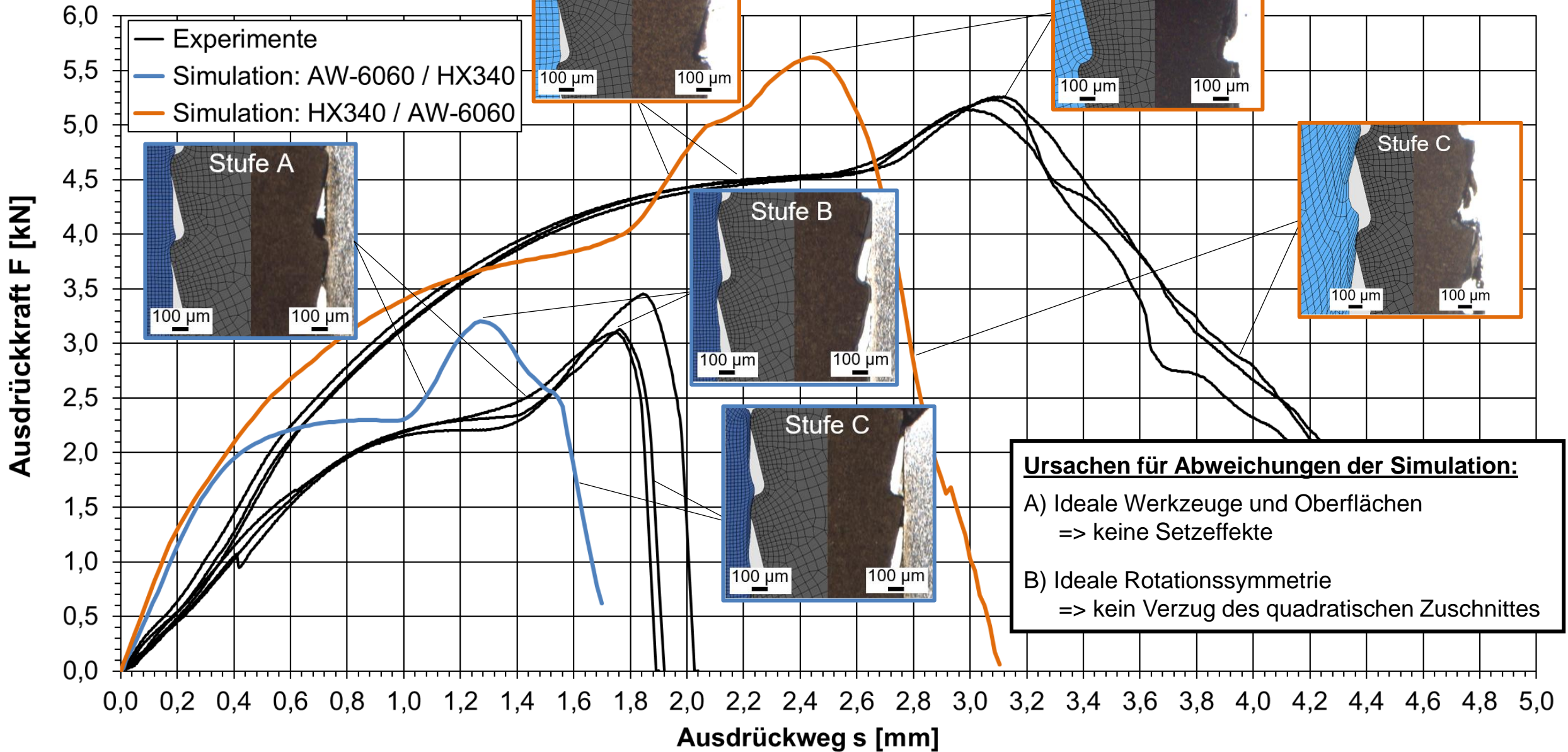


Simulation der Ausdrückversuche





Diskussion der Ergebnisse



Ursachen für Abweichungen der Simulation:

- A) Ideale Werkzeuge und Oberflächen
=> keine Setzeffekte
- B) Ideale Rotationssymmetrie
=> kein Verzug des quadratischen Zuschnittes



Zusammenfassung

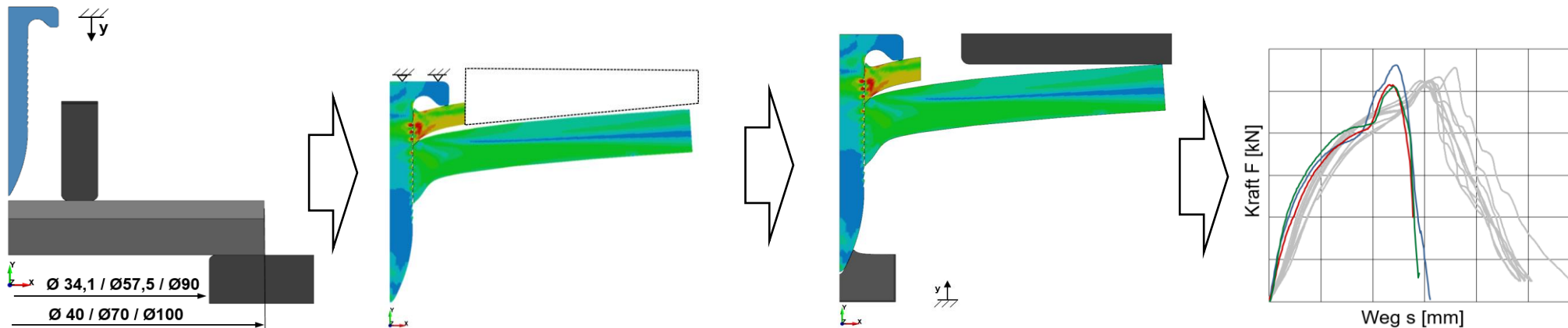
- Dehnraten- und temperaturabhängige Charakterisierung der Werkstoffe
- Charakterisierung der Reibungsverhältnisse, dabei Differenzierung der Reibsituation
- Beschreibung der relevanten Anlagenkomponenten und Prozess-Eigenschaften
- Aufbau 2D Fügeprozess- und Ausdrucksimulation in LS-Dyna (inkl. Beschnitt und Rückfederung)

⇒ Abbildung dynamische und thermisch gekoppelte Fügeprozesssimulationen in LS-Dyna möglich

⇒ „Physik“ muss richtig charakterisiert und modelliert werden

⇒ Erfolgreiche Schließung der Simulations-Prozesskette in 2D

⇒ Nächster Schritt: Übertrag der Erkenntnisse auf 3D





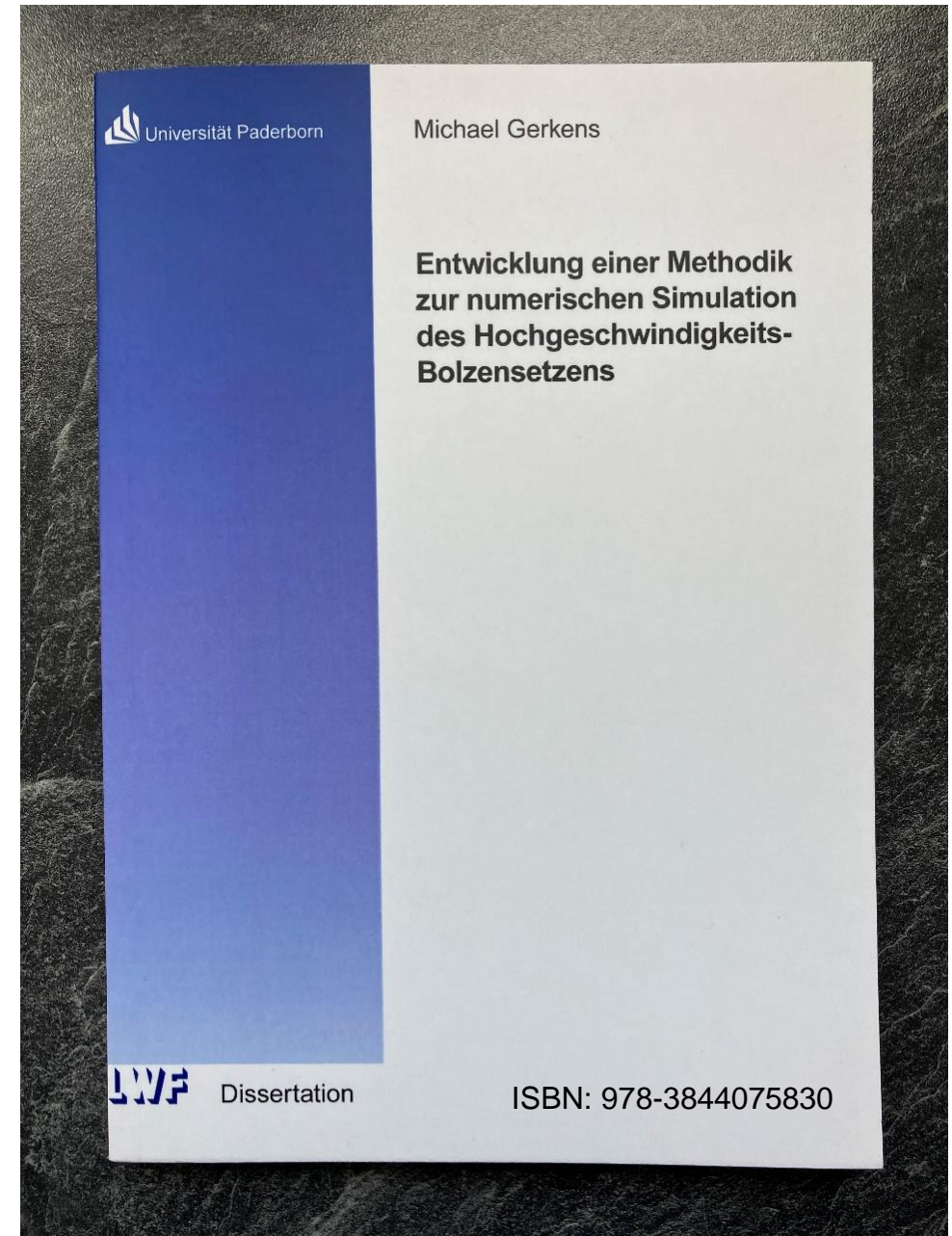
Literaturhinweis

Die dargestellten Ergebnisse entstammen der Dissertation „Entwicklung einer Methodik zur numerischen Simulation des Hochgeschwindigkeits-Bolzensetzens“, welche von Prof. Dr.-Ing. Gerson Meschut am Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik (LWF) der Universität Paderborn betreut wurde.



**Laboratorium für
Werkstoff- und Fügetechnik
Universität Paderborn**

www.lwf.upb.de

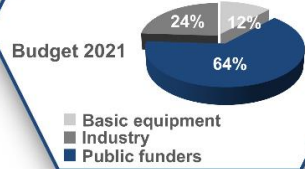




Introduction - Laboratory for Material and Joining Technology (LWF)

Figures

- Budget: 5.6 Mio. €
- Ext. funding: 4.0 Mio. €



Equipment

- Joining equipment (stationary, automated)
- Adhesive lab
- Test equipment (static, vibration, crash)
- Non-destructive testing systems
- Metallography
- Laboratory area: 1500 m²

Team

- Research assistants: 34
- Non-scientific employees : 15
- Trainees: 2
- Students: approx. 70
- Bachelor-, Mastertheses: approx. 110 annually

Research Areas

- Adhesive bonding
- Mechanical joining
- Thermal joining
- Numerical simulation
- Parameter identification



History

- Founded in 1976 with the appointment of Prof. Dr.-Ing. Ortwin Hahn
- Until today more than 154 doctorates
- More than 3,110 student theses
- Numerous national and international awards
- Since 09/2011 under the direction of Prof. Dr.-Ing. Gerson Meschut
- 1980 foundation LWF Freundeskreis e.V.

Management



Prof. Dr.-Ing. Gerson Meschut



Prof. Dr.-Ing. Ortwin Hahn



Dr.-Ing. Dominik Teutenberg



Dr.-Ing. David Hein

Contact

Laboratorium für Werkstoff- und Füge-technik (LWF)
Universität Paderborn

E-Mail: info@lwf.uni-paderborn.de

Website: www.lwf-paderborn.de

@LWFUniPB

@LWF.UPB

Guiding Principle

- Nationally and internationally recognized research institution
- Research and development projects
- Publicly funded research
- Bilateral industry cooperation
- Basic and application orientation
- Engineering scientific education
- Partnerships with numerous SMEs, large companies and funding organizations



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.