

# Materialmodelle einmal anders?

User Defined Materials als freiparametrierbare Kraftmodelle

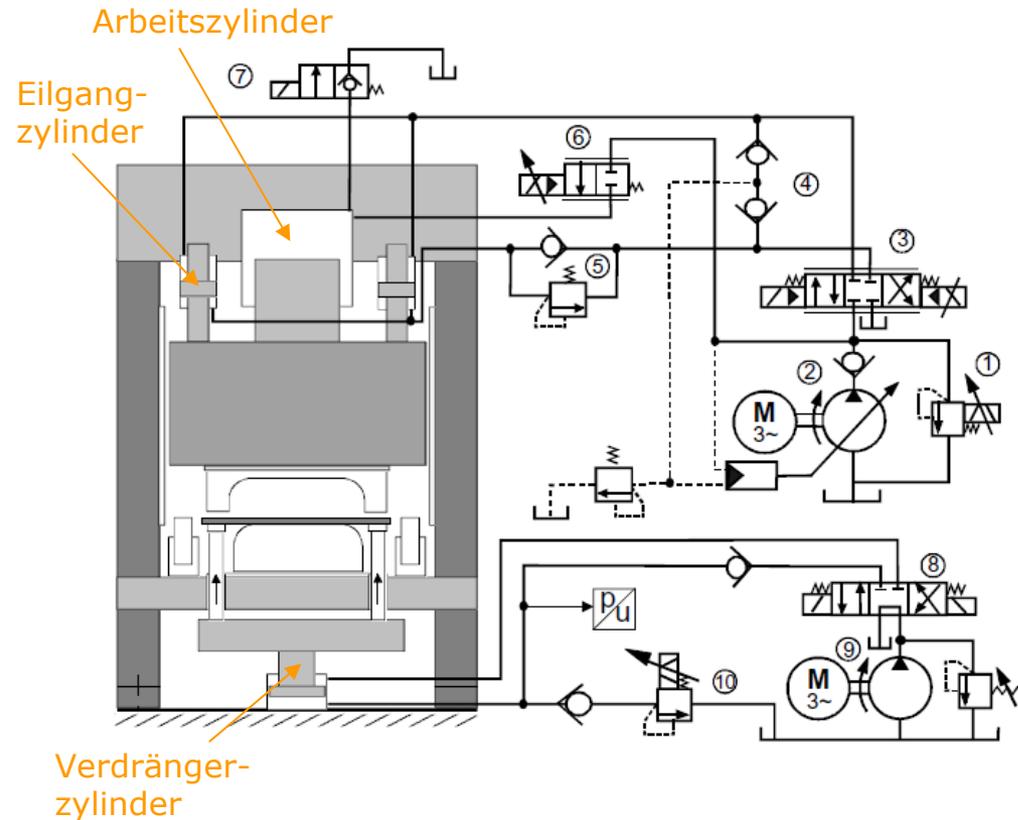
Lars Penter (IWM)  
Harald Lohse (IFD)

## Inhalt

- *Motivation*
  
- *\*MAT\_USER\_DEFINED\_MATERIAL\_MODELS in LS-DYNA*
  
- *Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle*
  - *Werkzeugführung*
  - *Integration der Hydraulik, Regelung und Steuerung der Zieheinrichtung in FE-Prozessmodell*
  
- *Ausblick*

## Motivation

*Berücksichtigung nichtlinearer statischer & dynamischer Struktur-Prozess-Wechselwirkungen in der FE-Prozesssimulation*

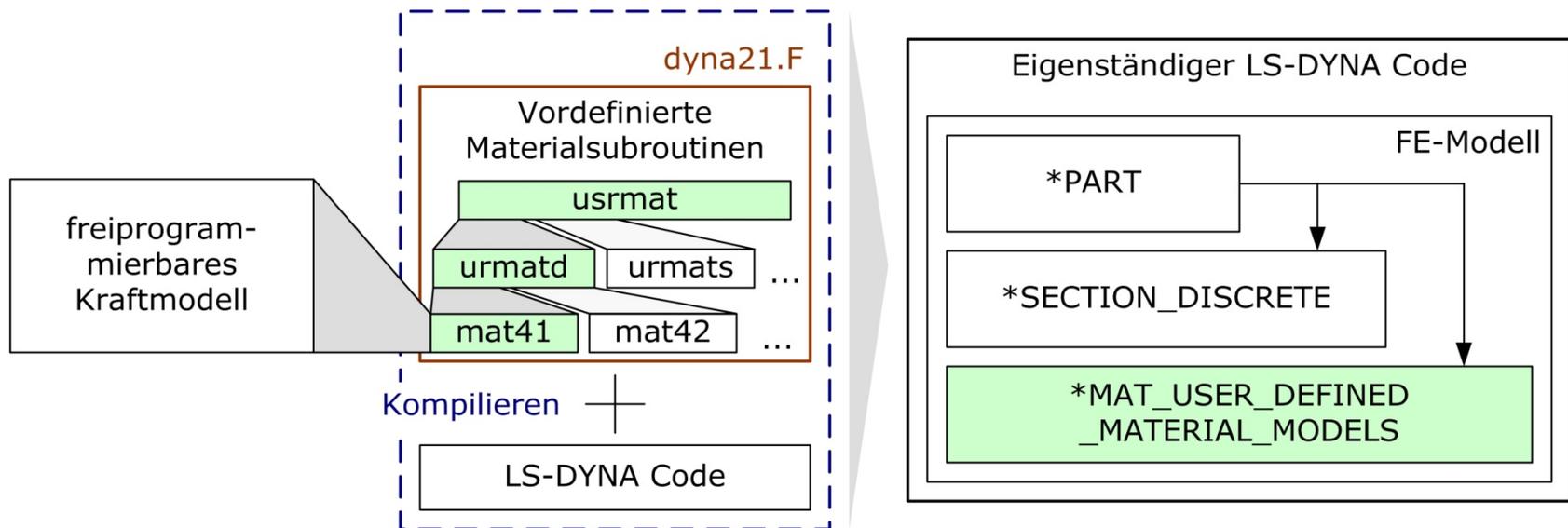


Hydraulikplan Wanzke HPV 160 mit Ziehapparat

*Quelle: Dissertation, Li, 2008, TU Dresden*

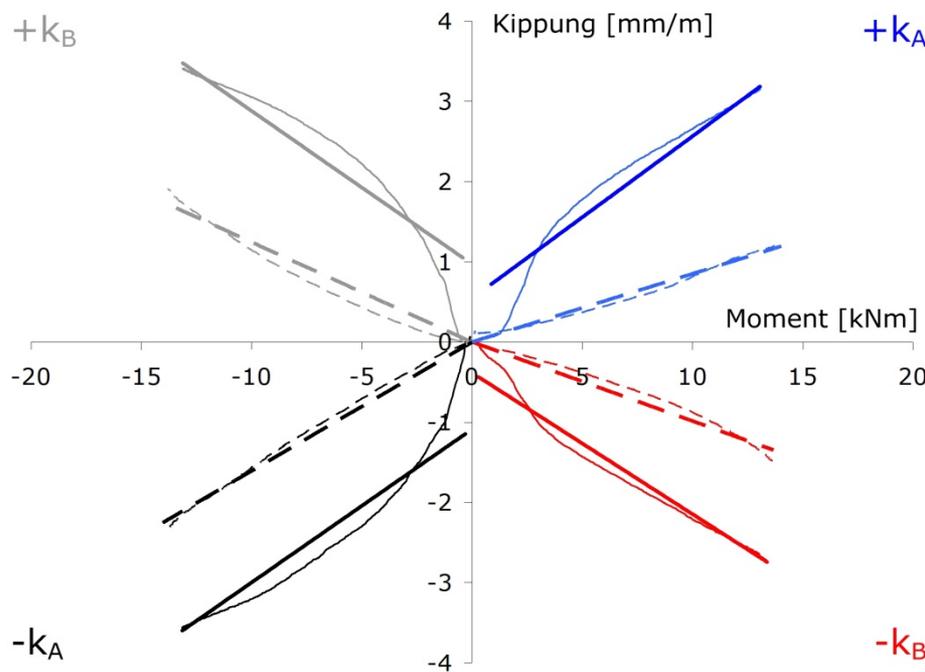
## \*MAT\_USER\_DEFINED\_MATERIAL\_MODELS

### Struktur und Implementierung



## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

Integration der Werkzeugführung in FE-Prozessmodell



- ohne Werkzeugführung (WZF), gemessen
- - - ohne WZF, lineare Regression
- · - mit WZF, gemessen
- mit WZF, lineare Regression

Richtung	ohne WZF		mit WZF	
	$C_{kA,B}$ [kN/m]	$k_{aA,B}$ [mm/m]	$C_{kA,B}$ [kN/m]	$k_{aA,B}$ [mm/m]
+ $k_A$	4950	0,54	11750	0
- $k_A$	5230	-1,07	6230	0
+ $k_B$	5230	0,97	8020	0
- $k_B$	5670	-0,37	10140	0

für kleine Winkel:  $\arctan(a) \approx a$

$$C_{rotA,B} = 1000 * \Delta M_{A,B} / \Delta k_{elA,B}$$

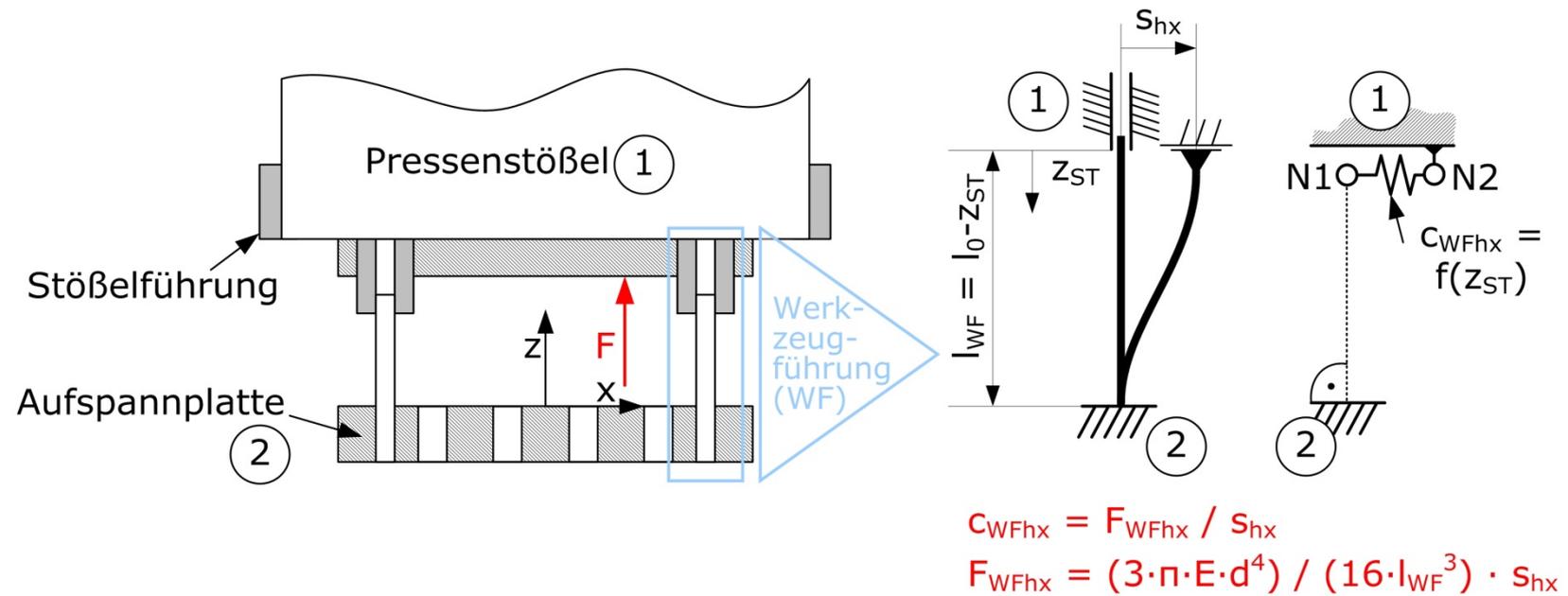
Parameter für rotatorische  
Federelemente

Richtung	ohne WZF		mit WZF	
	$C_{rotA,B}$ [kNm/rad]	$k_{aA,B}$ [rad]	$C_{rotA,B}$ [kNm/rad]	$k_{aA,B}$ [rad]
+ $k_A$	4950000	0,0005	11750000	0
- $k_A$	5230000	-0,0011	6230000	0
+ $k_B$	5230000	0,0001	8020000	0
- $k_B$	5670000	-0,0004	10140000	0

## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

### Integration der Werkzeugführung in FE-Prozessmodell

- Die derzeitige Maschinenvermessung nach DIN 55198 erfolgt ohne eingebautes Werkzeug
- ANNAHME: Werkzeugführung (WZF) beeinflusst Stößel- & Ziehkissenkipfung nicht
- ABER: insbesondere Wälzfürungen zeigen durchaus einen Einfluss auf das Kippverhalten
- DESHALB: Erweiterung der elasto-statischen Prozessmodelle um die WZF



## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

*Integration der Werkzeugführung in FE-Prozessmodell*

### Materialkarte in LS-PREPOST

Saeule 1

1	<b>MID</b>	<b>RO</b>	<b>MT</b>	<b>LMC</b>	<b>NHV</b>	<b>IORTHO</b>	<b>IBULK</b>	<b>IG</b>
	11	7.850e-009	43	32	0	0	3	4
2	<b>IVECT</b>	<b>IFAIL</b>	<b>ITHERM</b>	<b>IHYPER</b>	<b>IEOS</b>			
	0	0	0	0	0			

Säulen-Nr.    Termination Time    Kompressionsmodul    Schermodul    Poisson Zahl

<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>
1.000000	0.600000	43750.000	80770.000	0.300000	0.000	0.000	0.000

Modellparameter

1	1.0000e+000	6.0000e-001	4.3750e+004	8.0770e+004	3.0000e-001	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000
2	0.0000e+000	5.0000e+001	1.0000e-001	0.0000e+000							
3	2.0000e+000	1.0000e+000	0.0000e+000								
4	1.0000e-003	1.0000e+000									

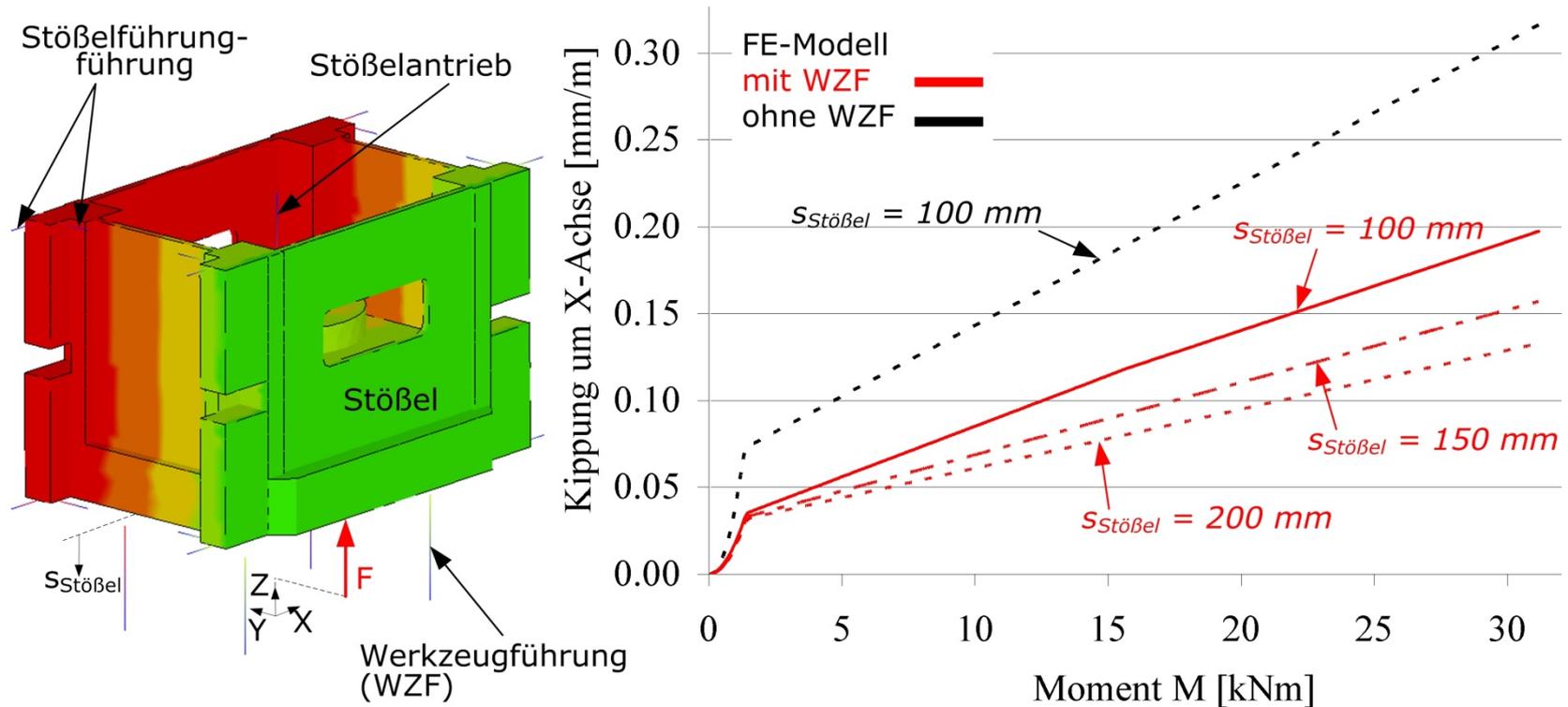
Schalter für Ausgabe

Data Pt. 1

Replace	Insert
Delete	Help

## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

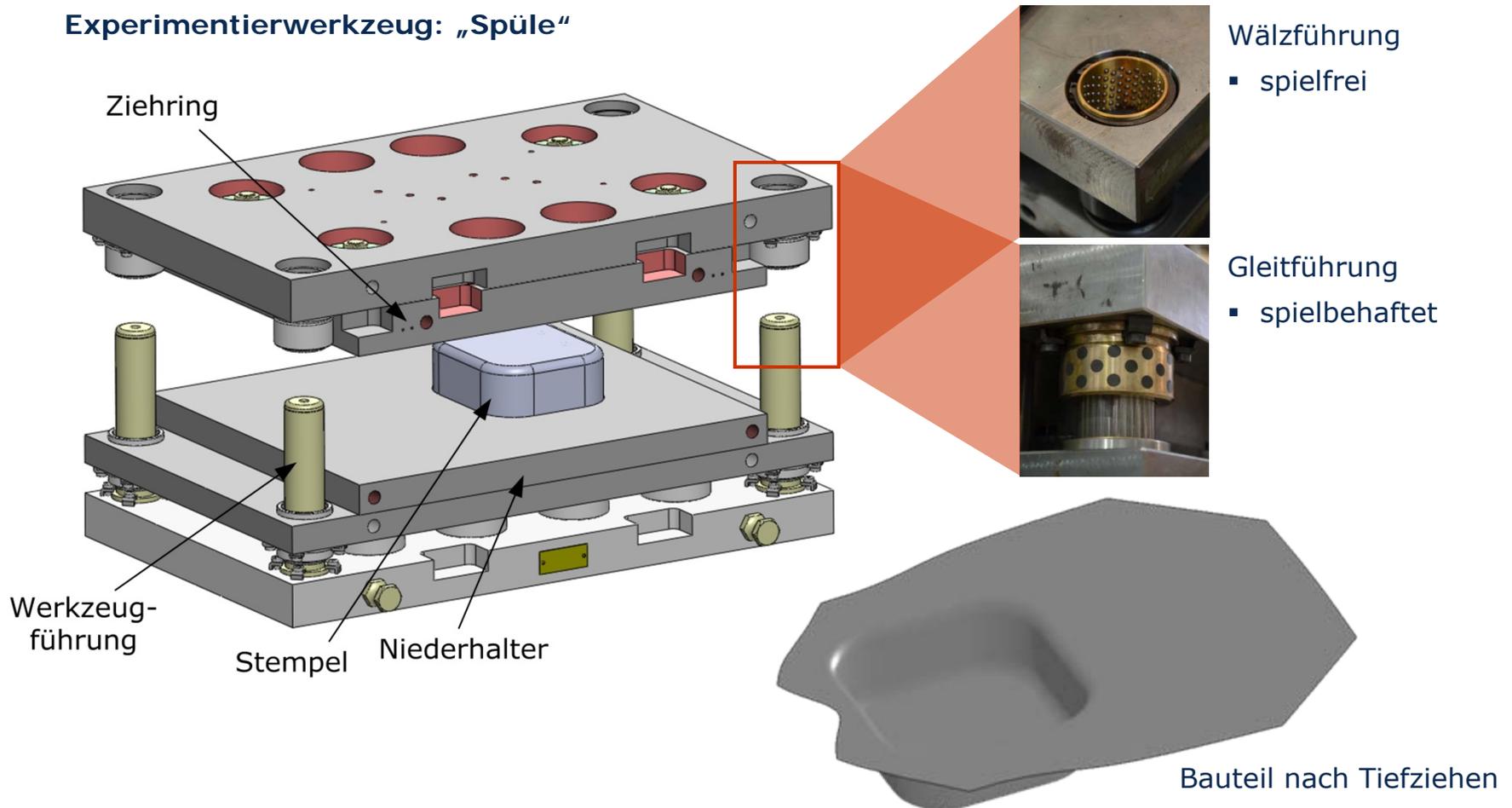
*Integration der Werkzeugführung in FE-Prozessmodell*



## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

*Integration der Werkzeugführung in FE-Prozessmodell*

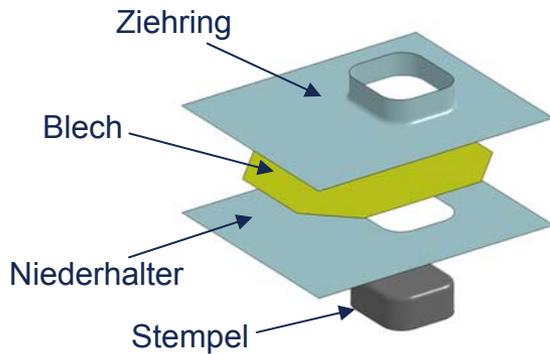
Experimentierwerkzeug: „Spüle“



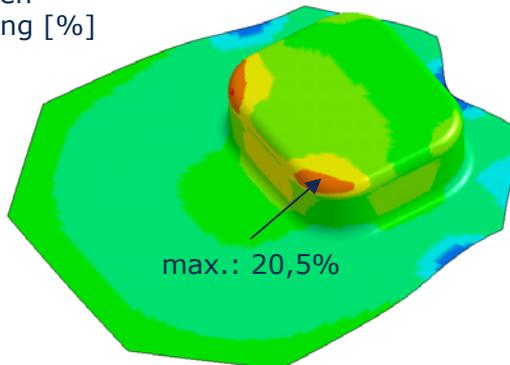
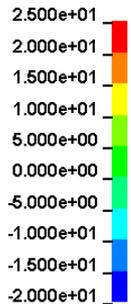
## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

*Integration der Werkzeugführung in FE-Prozessmodell*

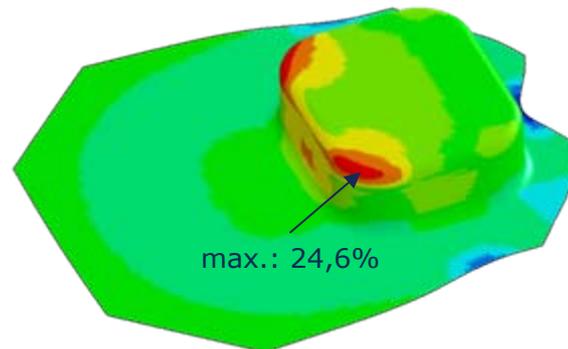
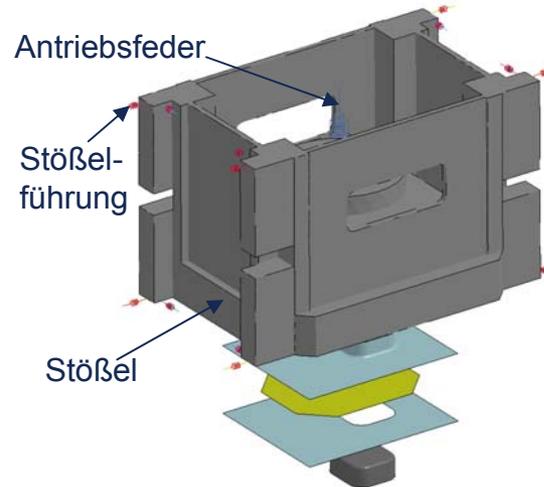
- ideal starre Maschine



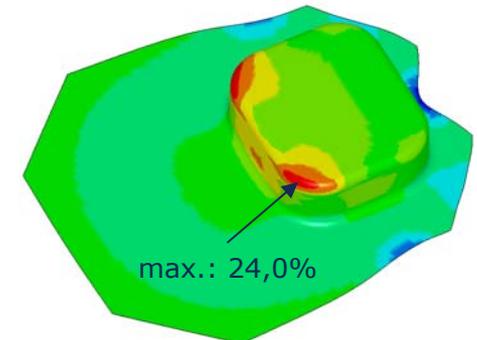
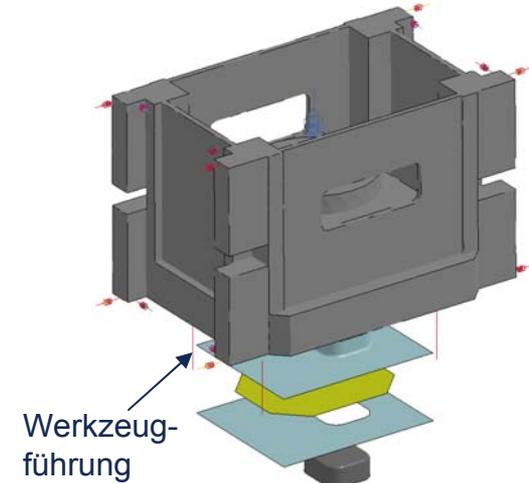
Blechdicken-  
reduzierung [%]



- elastische Stößellagerung
- keine Werkzeugführung

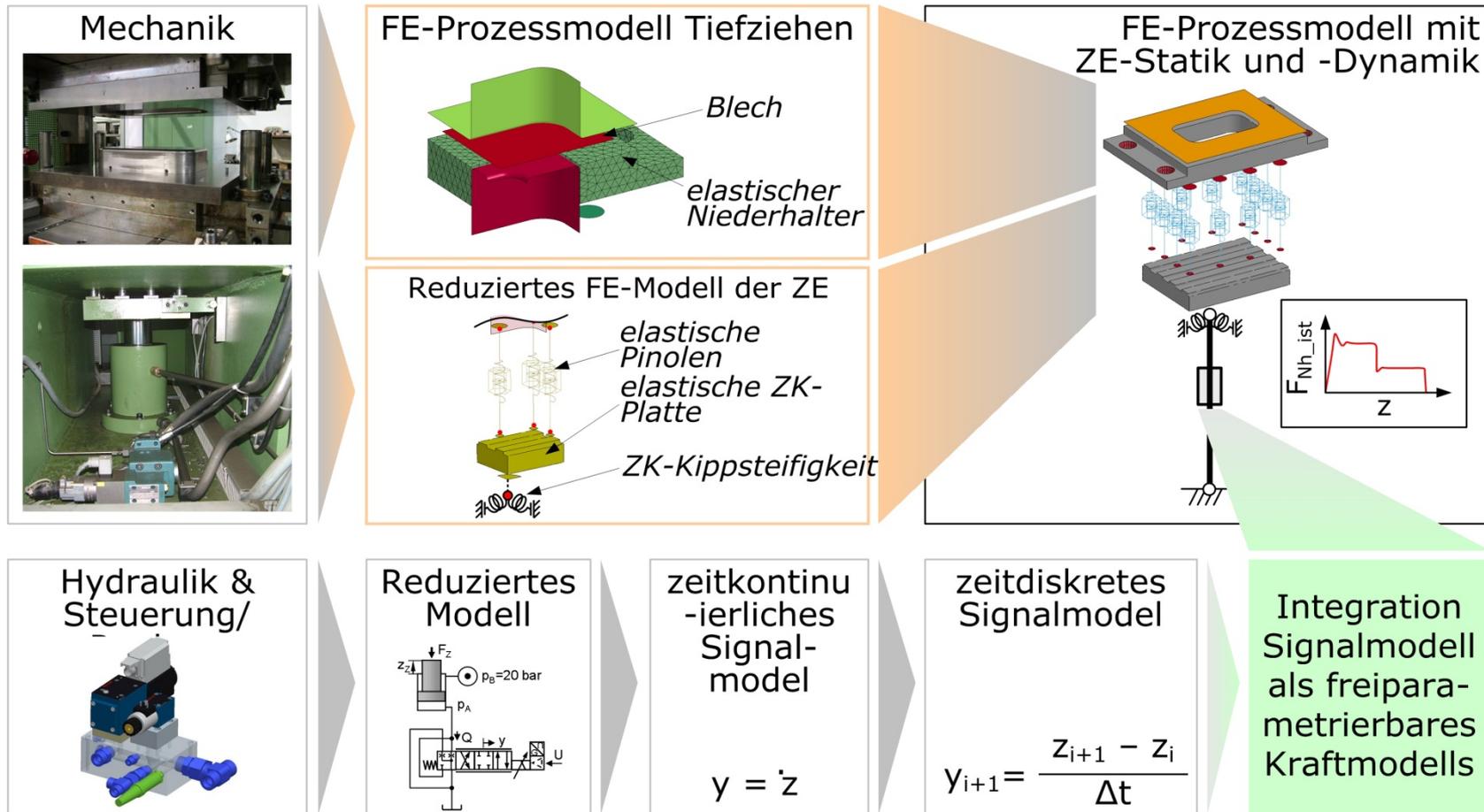


- elastische Stößellagerung
- Werkzeugführung



## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

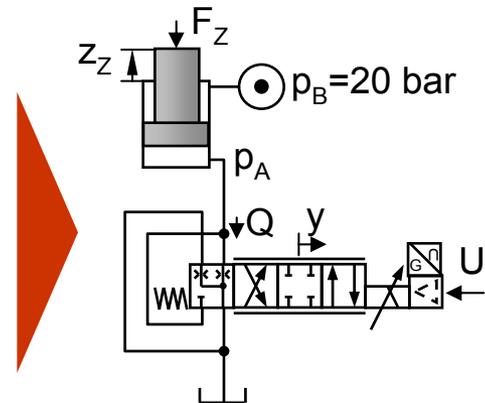
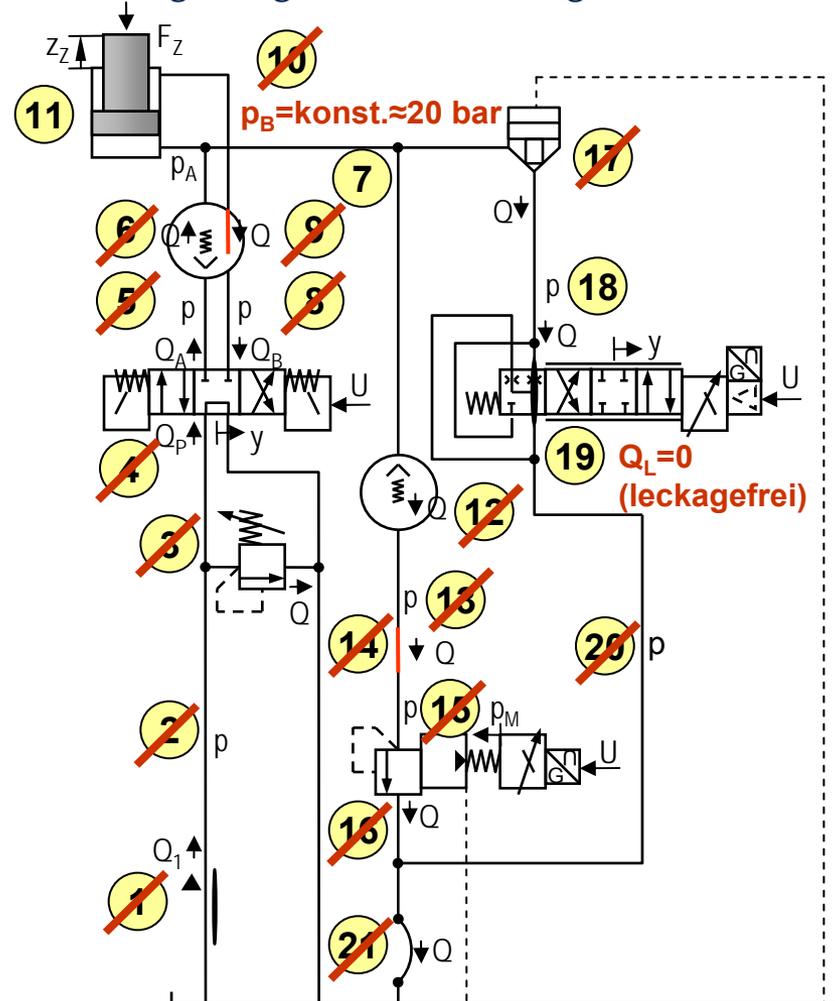
Integration von Hydraulik, Regelung und Steuerung der ZE in FE-Prozessmodell



## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

*Integration von Hydraulik, Regelung und Steuerung der ZE in FE-Prozessmodell*

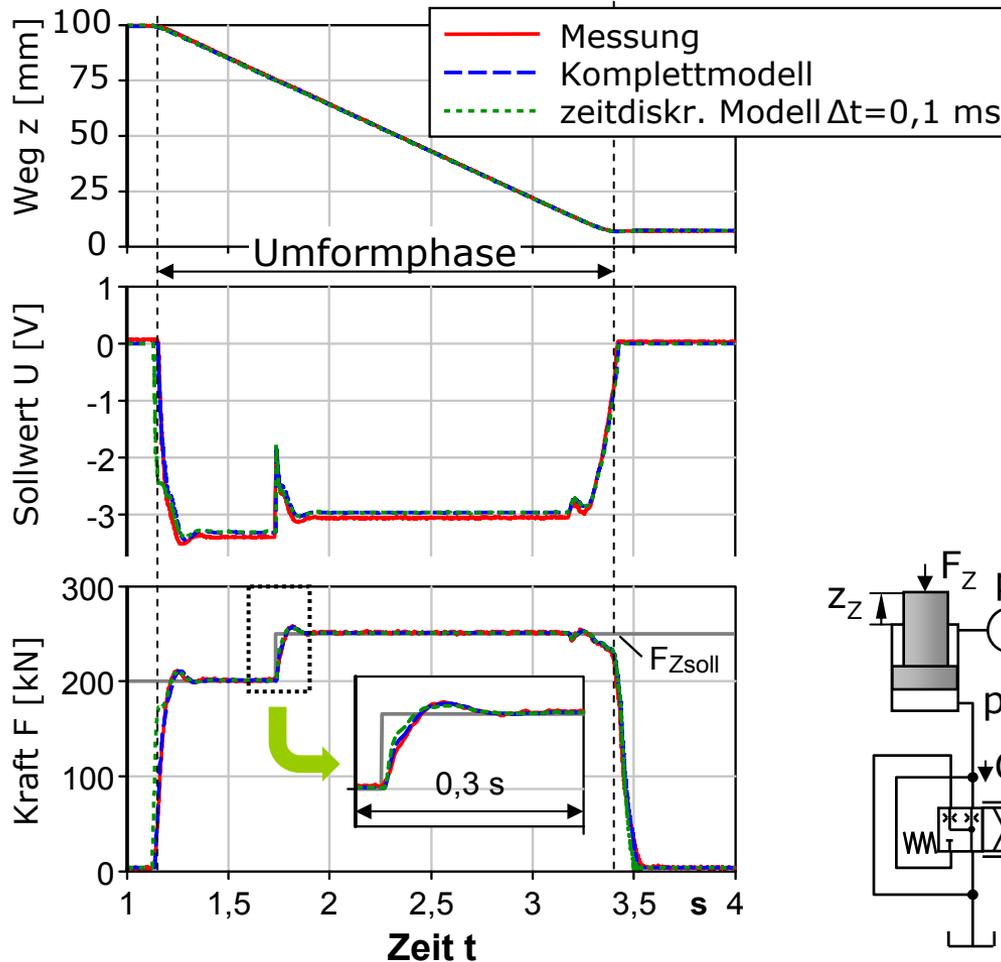
- ~~1 Flügelzellenpumpe~~
- ~~2 Volumen~~
- ~~3 Druckbegrenzungsventil (DBV)~~
- ~~4 4/3 Wegeventil~~
- ~~5 Volumen~~
- ~~6 Rückschlagventil~~
- 7 Volumen
- ~~8 Volumen~~
- ~~9 Rohrleitung~~
- ~~10 Volumen~~
- 11 Differentialzylinder
- ~~12 Rückschlagventil~~
- ~~13 Volumen~~
- ~~14 Rohrleitung~~
- ~~15 Volumen~~
- ~~16 Prop. DBV~~
- ~~17 2 Wege Einbauventil~~
- 18 Volumen
- 19 Regelventil
- ~~20 Volumen~~
- ~~21 Schlauch~~



Teilmodell  
 Hydraulik 

## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

*Integration von Hydraulik, Regelung und Steuerung der ZE in FE-Prozessmodell*



Behandlung von Ableitungen, Integralen, Differentialgleichungen:

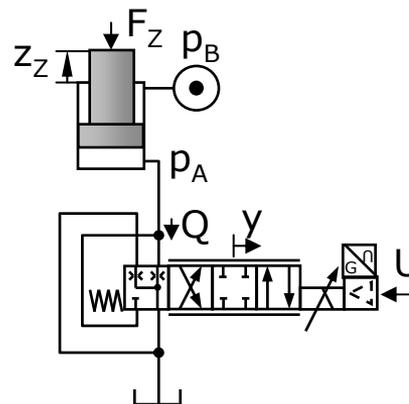
$$y = \dot{x} \quad \longrightarrow \quad y_i = \frac{x_i - x_{i-1}}{\Delta t}$$

$$y = \int x dt \quad \longrightarrow \quad y_i = y_{i-1} + x_{i-1} \cdot \Delta t$$

(Vorwärts-Rechteckregel)

$$\dot{y} = f(t, y) \quad \longrightarrow \quad y_{i+1} = y_i + \Delta t \cdot f(t_i, y_i)$$

(explizites Euler-Verfahren, Abtastrate hier  $\Delta t = 0,1$  ms)

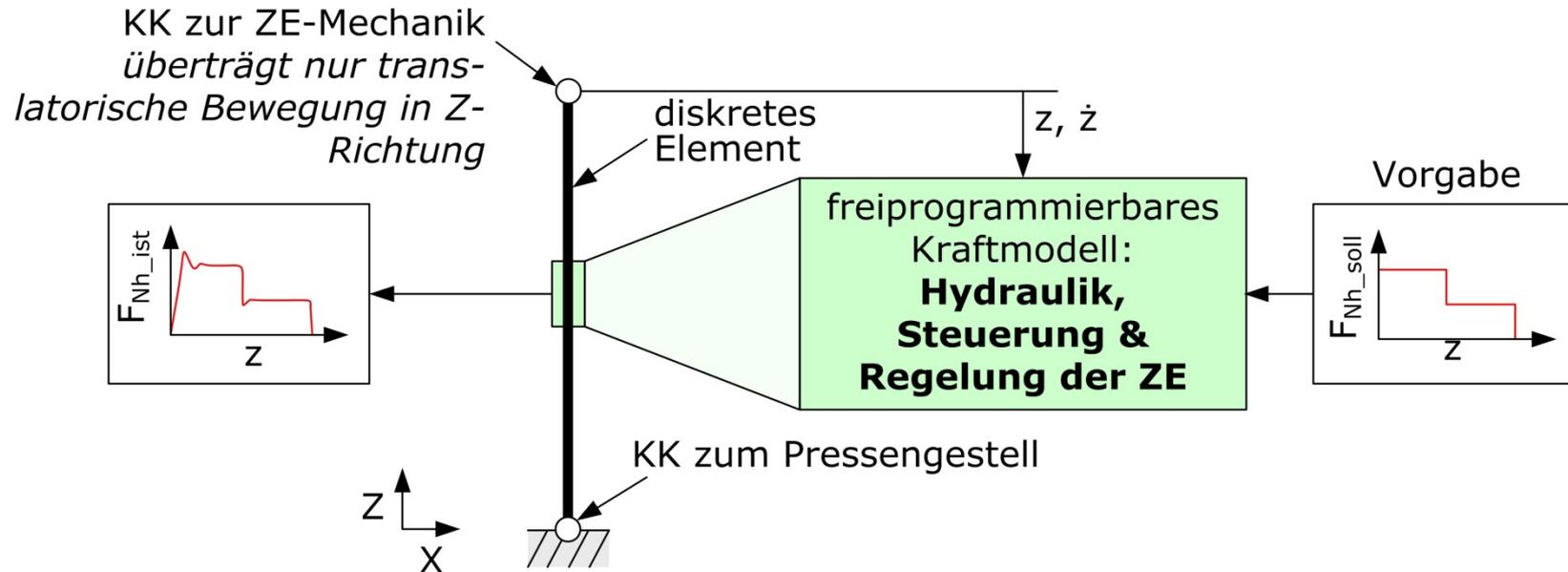


**Modellgüte für  
Umformphase  
ausreichend**



## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

*Integration von Hydraulik, Regelung und Steuerung der ZE in FE-Prozessmodell*



$F_{Nh\_ist}$  Niederhalterkraftistkraft  
 $z$  Ziehkissenposition  
 KK Koppelknoten

$F_{Nh\_soll}$  Niederhaltersollkraft  
 $\dot{z}$  Ziehkissengeschwindigkeit  
 ZE Zieheinrichtung

## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

*Integration von Hydraulik, Regelung und Steuerung der ZE in FE-Prozessmodell*

### Materialkarte in LS-PREPOST

HSR-Element

1	<b>MID</b>	<b>RO</b>	<b>MT</b>	<b>LMC</b>	<b>NHY</b>	<b>IORTHO</b>	<b>IBULK</b>	<b>IG</b>
	2	7.850e-009	41	48	1	0	10	2
2	<b>IVECT</b>	<b>IFAIL</b>	<b>ITHERM</b>	<b>IHYPER</b>	<b>IEOS</b>			
	0	0	0	0	0			

	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>
	5.0000E-7	80769.000	2.000000	0.000	500.00000	0.100000	5.741000	20106.000

Zeitschrittweite    Kompressionsmodul    Anfangsdruck    Haftreibung    Coulomb'sche Reibung    Übergangsgeschwindigkeit    Dämpfung    Kolbenfläche

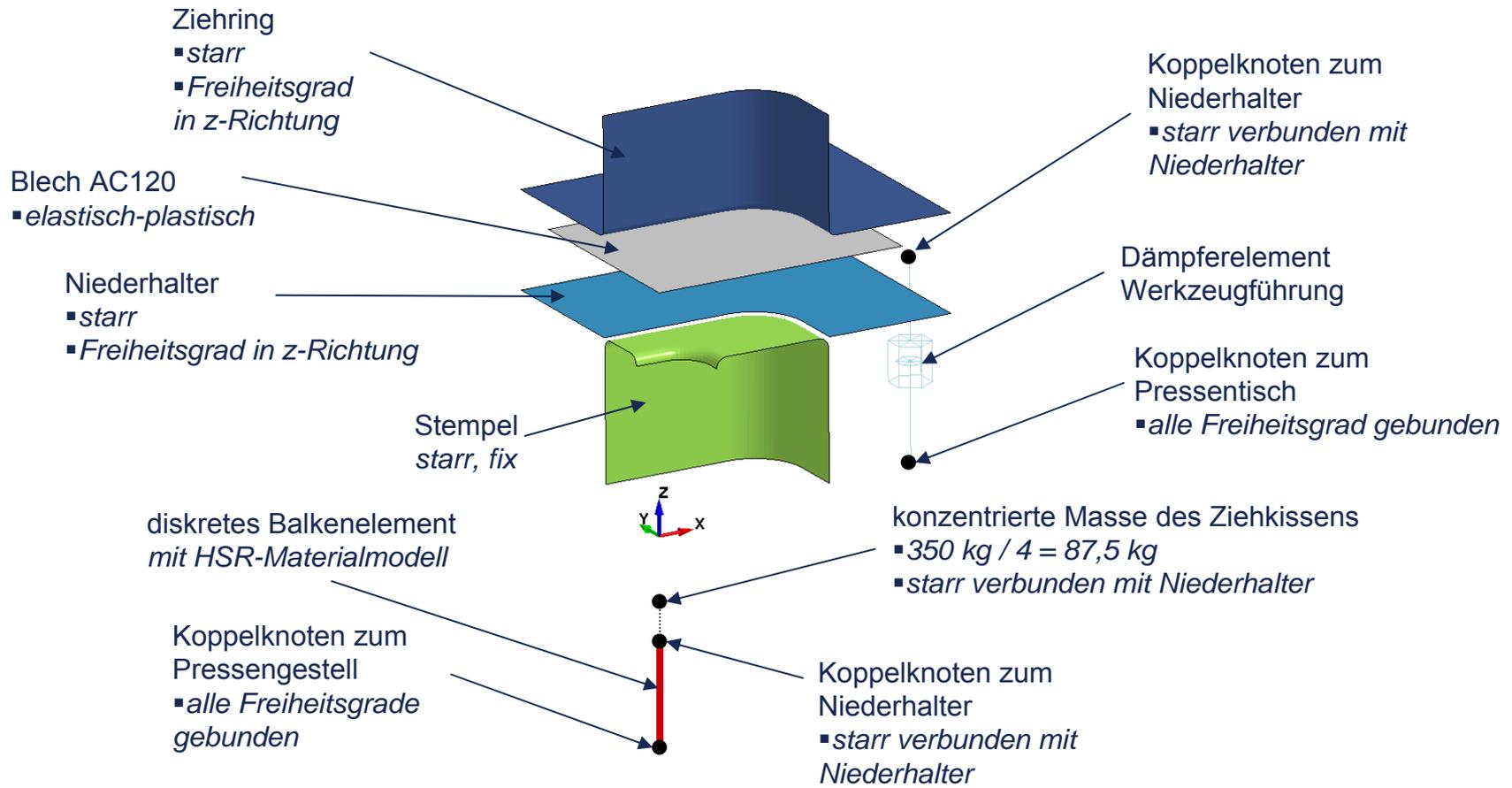
1	5.0000e-007	8.0769e+004	2.0000e+000	0.0000e+000	5.0000e+002	1.0000e-001	5.7410e+000	2.0106e+004
2	8.7970e+003	1.7900e+003	1.6300e+006	4.9500e+004	7.3200e+005	3.5000e+000	1.0000e+000	1.0000e+000
3	8.8000e-001	1.0000e+001	1.5000e+000	2.4000e-005	1.3600e-003	6.8500e-003	1.00	1.00
4	0.0000e+000	5.0000e+000	4.0000e+001	7.0000e+000	2.0000e+000	1.6200e+000	1.00	1.00
5	1.0000e+000	1.0000e+000	1.0000e+000	1.0000e+000	1.0000e+000	1.0000e+000	1.00	1.00
6	1.0000e+000	1.0000e+000	1.0000e+000	1.0000e+000	1.0000e+000	1.0000e+000	1.00	1.00

Data Pt. 1  
 Modellparameter    Insert  
 Delete    Help

Schalter für Ausgabe

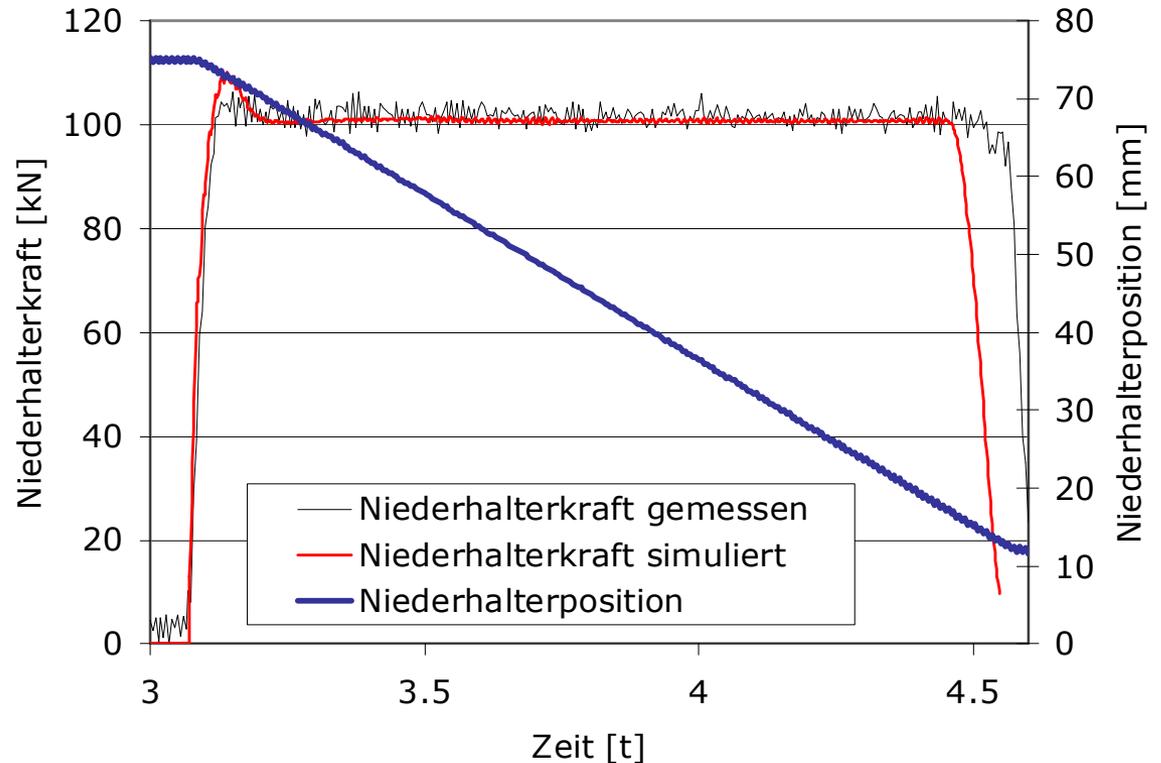
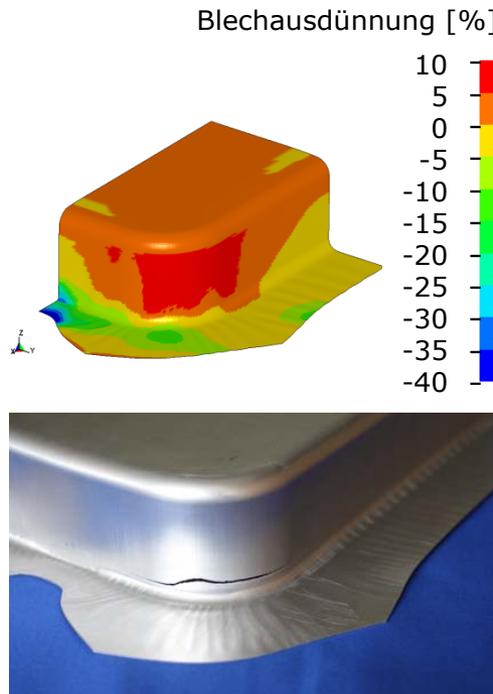
## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

*Integration von Hydraulik, Regelung und Steuerung der ZE in FE-Prozessmodell*



## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

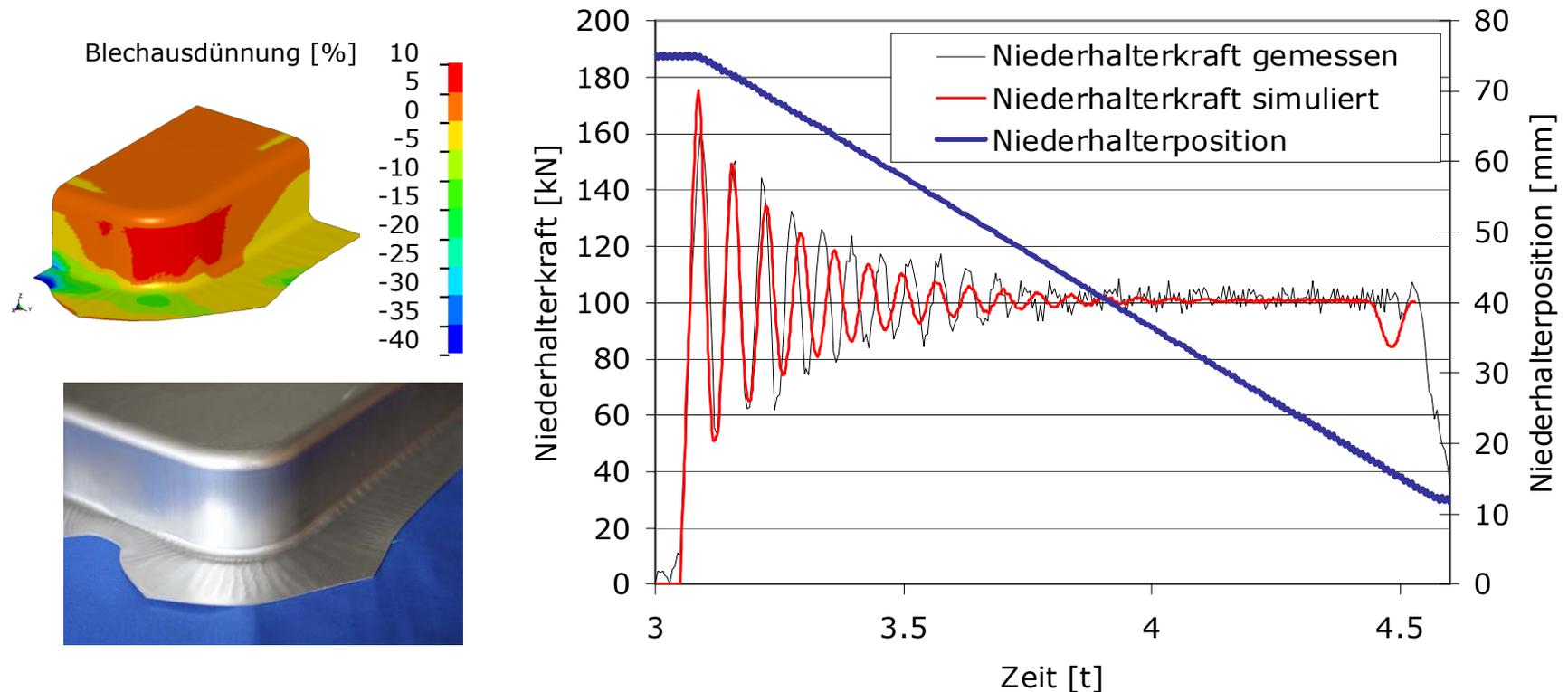
*Integration von Hydraulik, Regelung und Steuerung der ZE in FE-Prozessmodell*



Reglerverstärkung I-Regler	Ausschaltsschwelle I-Regler	Niederhaltersollkraft
KI-Wert = 0.00146 V/Ns	$\Delta F_{\max} = 20 \text{ kN}$	$F_{\text{NhSoll}} = 100 \text{ kN}$

## Anwendung als freidefinierbare Kraftmodelle

*Integration von Hydraulik, Regelung und Steuerung der ZE in FE-Prozessmodell*



Reglerverstärkung I-Regler	Ausschaltsschwelle I-Regler	Niederhaltersollkraft
KI-Wert = 0.00685 V/Ns	$\Delta F_{\max} = 200 \text{ kN}$	$F_{\text{NhSoll}} = 100 \text{ kN}$

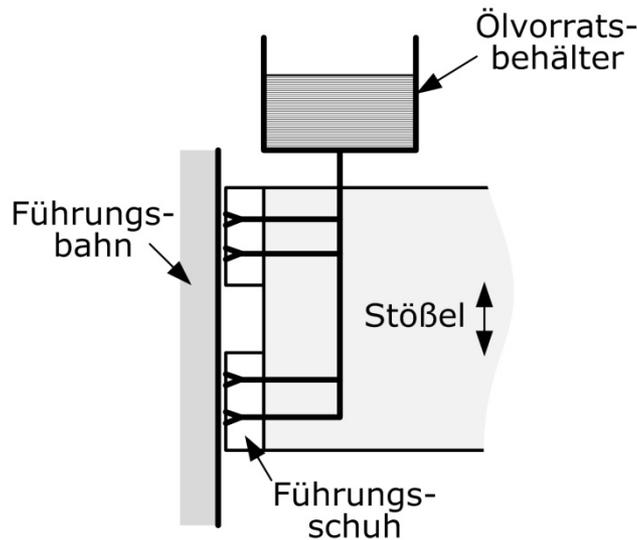
## Ausblick

- *Evaluierung der WZF-Modelle anhand von Experimenten (derzeit)*
- *Erweiterung der WZF Modelle auf Niederhalter & Zieheinrichtung*
- *Integration der Stößelhydraulik in dynamische FE-Prozesssimulation*
- *Abbildung der Stößelführung in dynamischer FE-Prozesssimulation*

## Ausblick

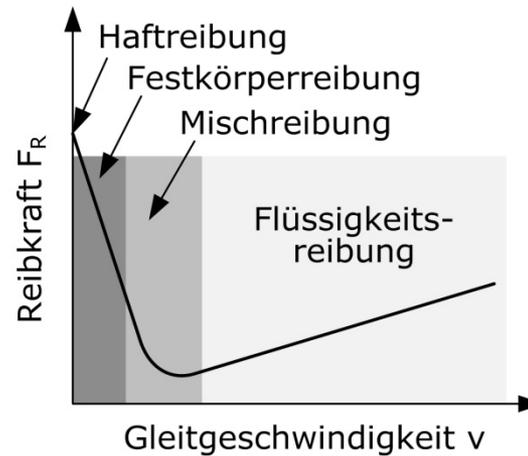
Abbildung der Stößelführung in dynamischer FE-Prozesssimulation

### Prinzip Hydrodynamische Führung am Stößel

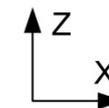
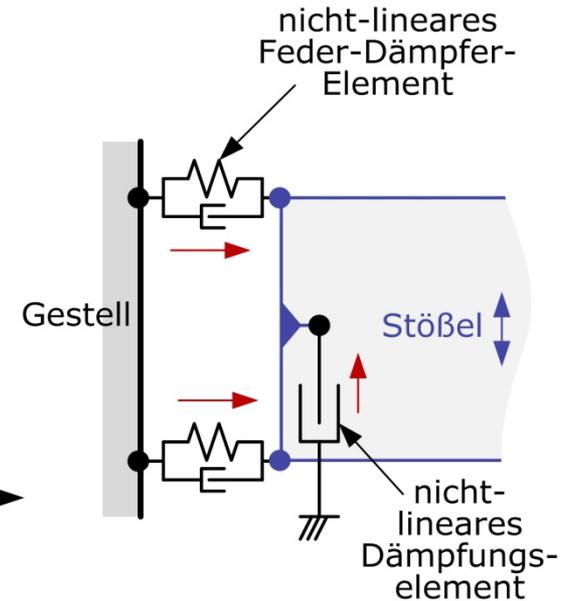


in Anlehnung an: Weck, Brecher: Werkzeugmaschinen, 2006

### Stribeck-Kurve



### Modellierung der Stößelführung



→ Wirkrichtung

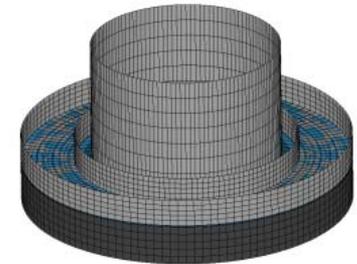
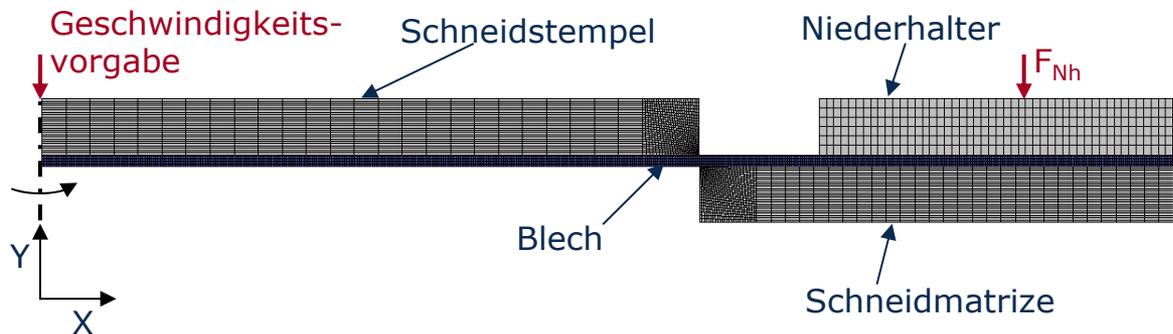
## Ausblick

Abbildung der Stößelführung in dynamischer FE-Prozesssimulation

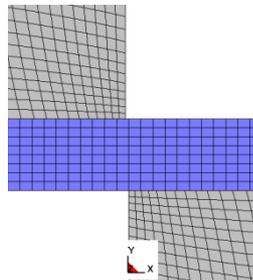
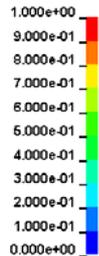
FE-Prozesssimulation Scherschneiden

Derzeit: Rotationssymmetrisches 2D FE-Modell

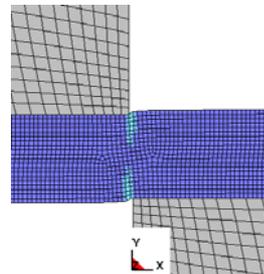
Ziel: 3D Prozessmodell des Scherschneidens



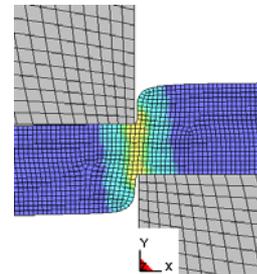
Umformgrad



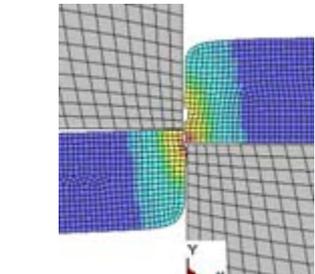
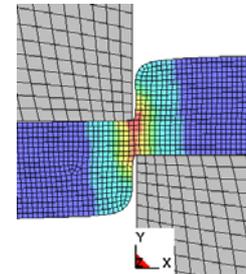
- Aufsetzen
- Schneidstempel



- Elastische Deformation Blech
- Elastische Auffederung der Presse



- Plastische Deformation des Blechs



- Fließvermögen erschöpft → plötzlich Abreißen
- Entlastung der Presse → Schnittschlag

# Vielen Dank für Ihr Interesse!

