

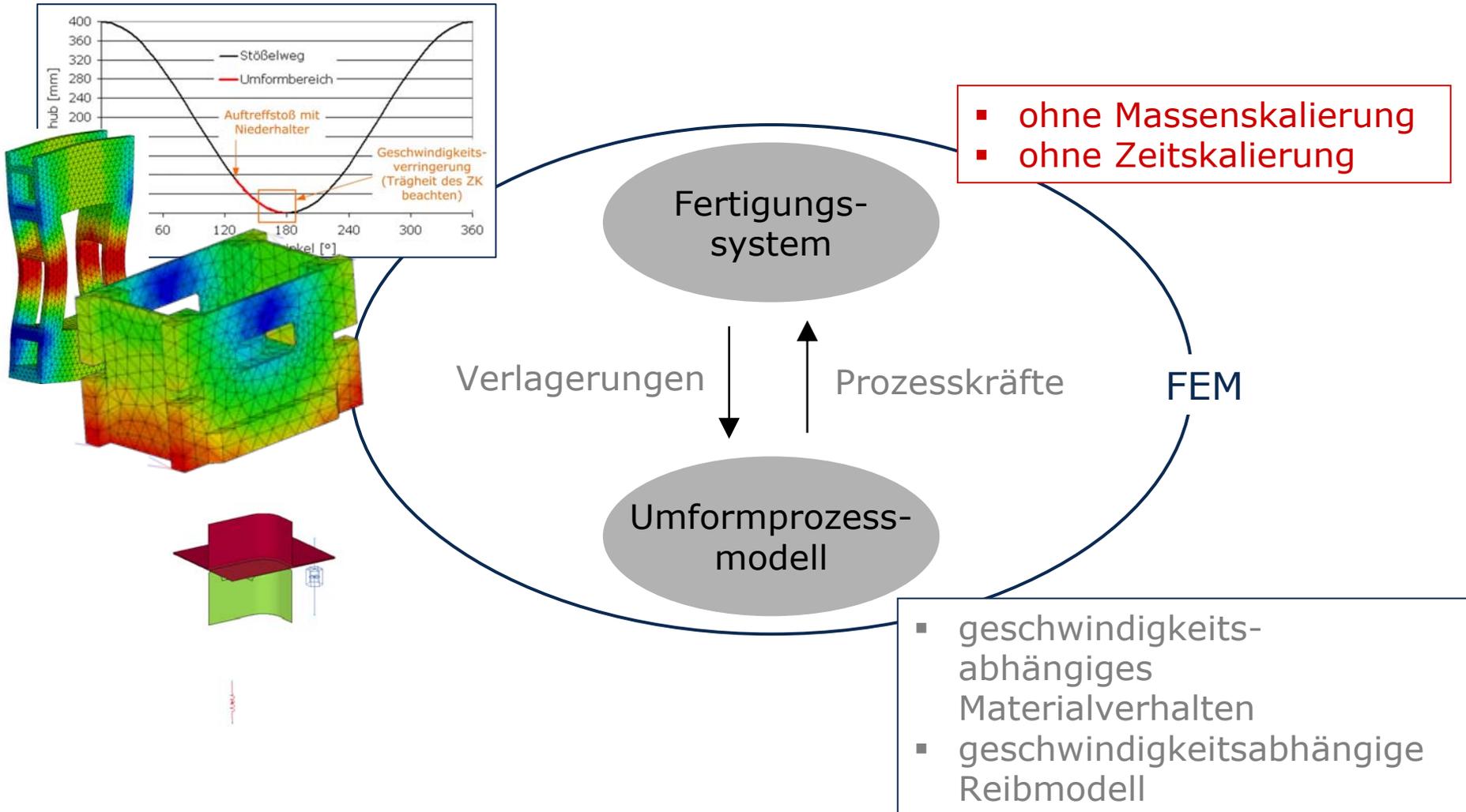
Probleme und Möglichkeiten bei der Modellierung dynamischer Einflüsse auf den Ziehprozess mit LS-DYNA

Lars Penter; Dr. H. Wiemer; Dr. A. Hardtmann; Prof. K. Großmann

Dresden, 29.10.2010

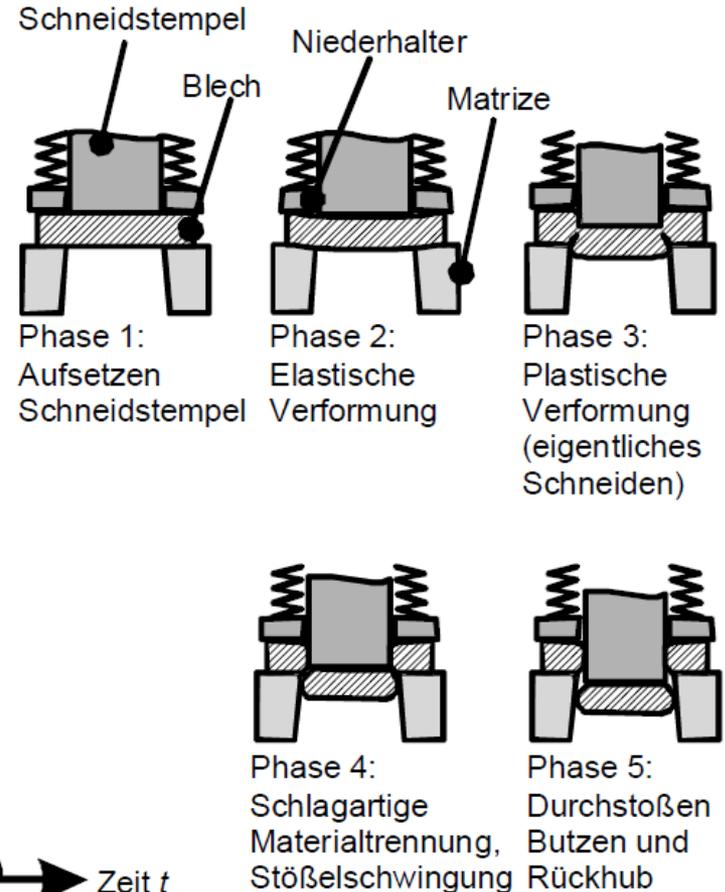
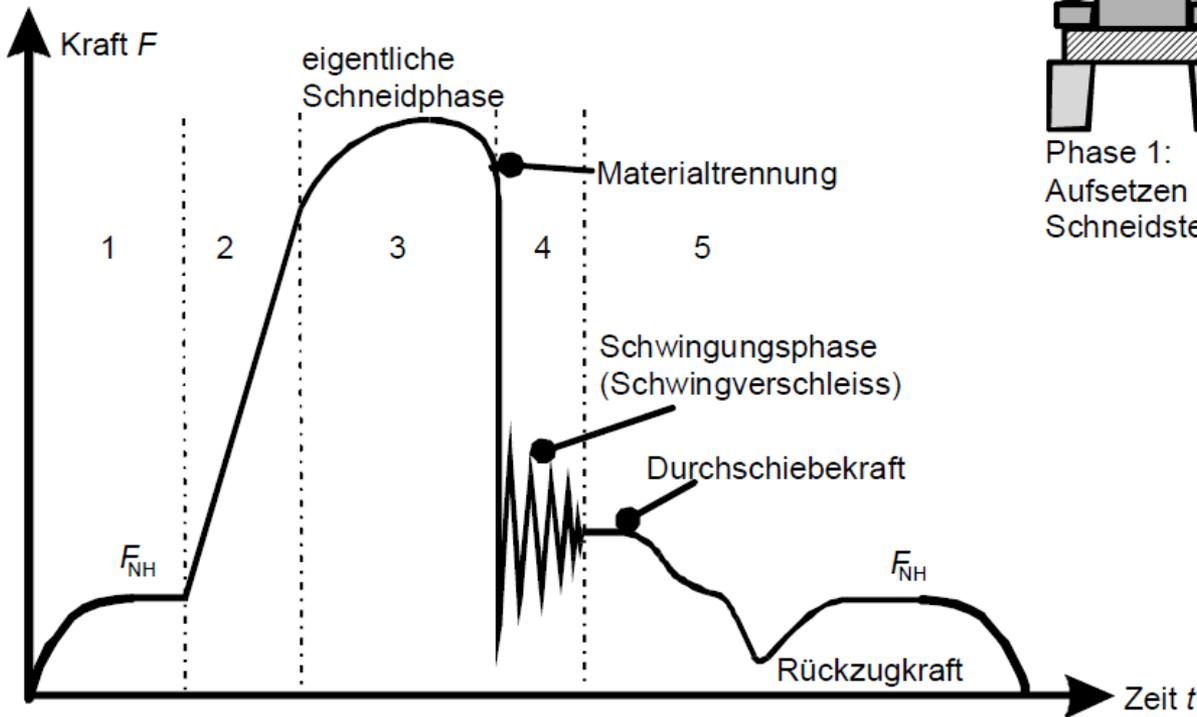
- Motivation
- Schwingfähiges Prozessmodell
- Dynamisches Pressenmodell
- Anwendungen

Dynamische Wechselwirkungen zwischen Prozess und Maschine

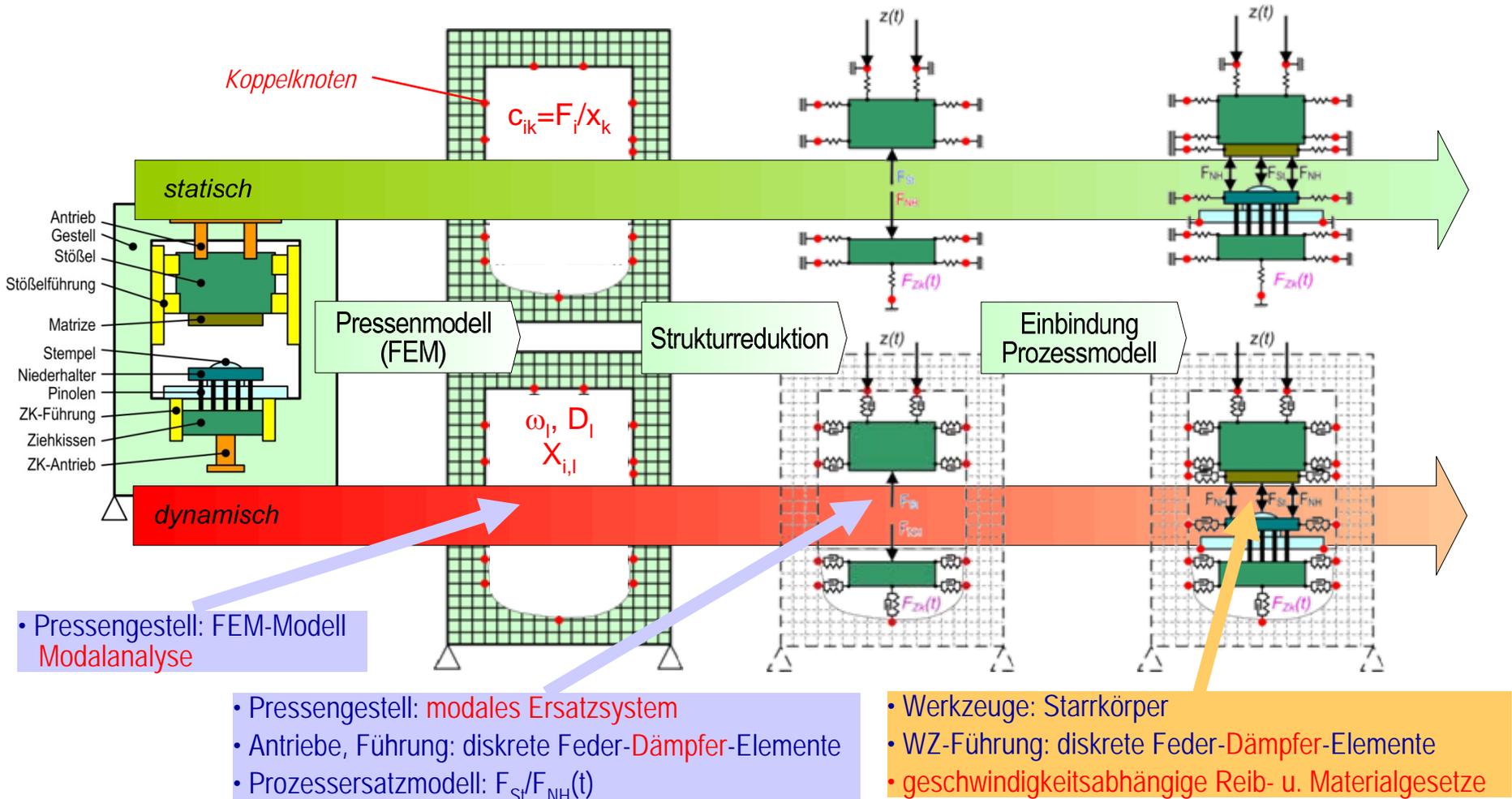


Scherschneidprozess

Kraft-Zeitverlauf beim Scherschneiden
nach [Doege, 2007]



Vorgeschlagene Vorgehensweise aus SPP1180

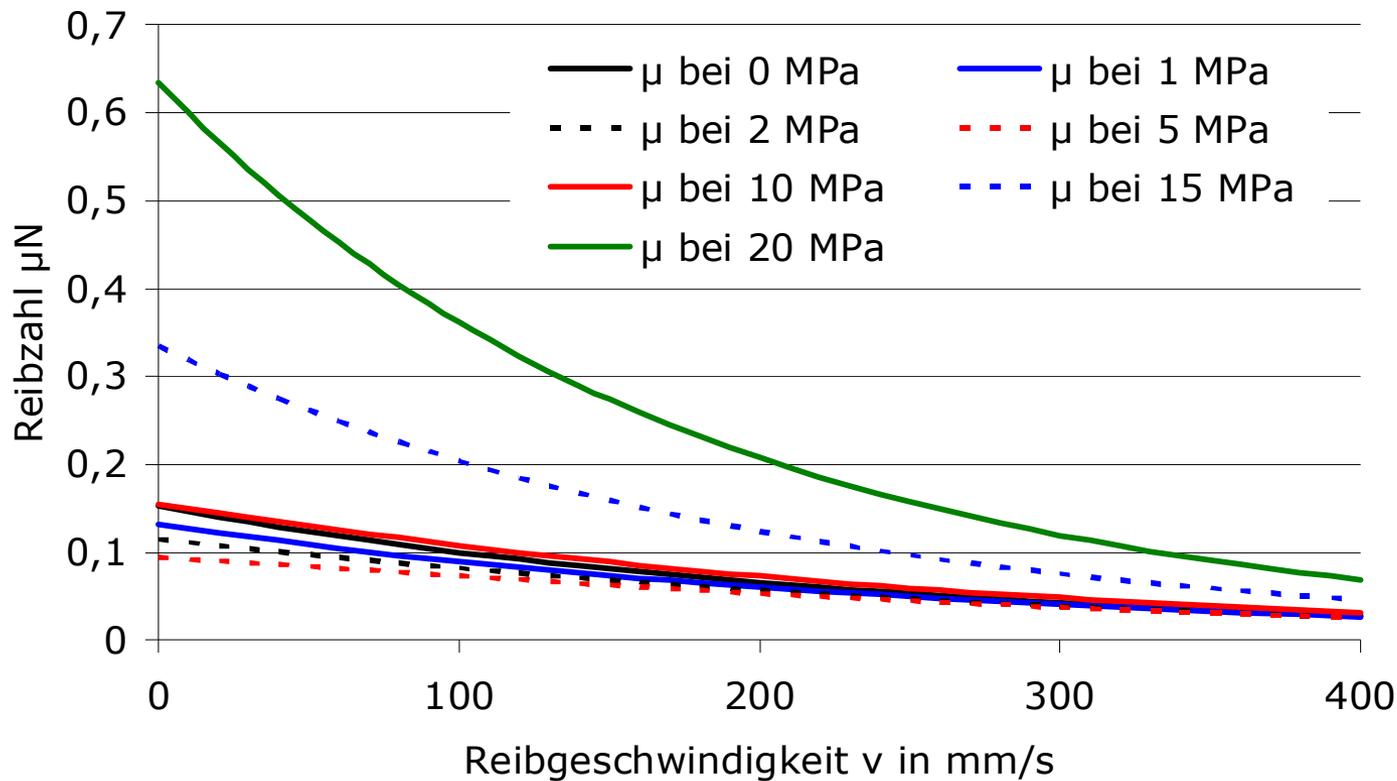


Generelle Eigenschaften

- Modell muss dynamisch korrekt reagieren
 - *reale Massen*
 - *reale Geschwindigkeiten/Zeiten*
- Modell muss Geschwindigkeitsänderungen an Blechteil weiter geben
 - *Geschwindigkeitsabhängiges Reibmodell*
- Werkstoff muss auf Geschwindigkeitsänderungen reagieren
 - *geschwindigkeitsabhängiges Materialmodell*

Definition der Reibung zwischen Blech und Werkzeugaktivfläche

Reibzahl in Abhängigkeit von Reibgeschwindigkeit und Kontaktnormalspannung
nach [Frontzek, 1990]



Reibpartner:

Blech: DC04

*Werkzeug:
GG25CrMo*

*Schmierstoff:
Mineralöl
M100*

Definition der Reibung zwischen Blech und Werkzeugaktivfläche

in LS-DYNA nach [Hallquist, 2007]

CONTACT_ONE_WAY_SURFACE_TO_SURFACE

7

8

| | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----|-----|--------|----|----|
| Variable | FS | FD | DC | VC | VDC | PENCHK | BT | DT |
| Type | 2 | 1 | F | F | F | I | F | F |

Tabellen-ID

DEFINE_TABLE

| | | |
|----------|------|--|
| Variable | TBID | |
| Type | I | |

| | |
|------|-------|
| | VALUE |
| Type | 2 |
| Type | 5 |

Kontaktnormal-
-spannung

DEFINE_CURVE

| | | | | |
|----------|------|------|-----|-----|
| Variable | LCID | SIDR | SFA | SFO |
| Type | 2 | I | F | F |

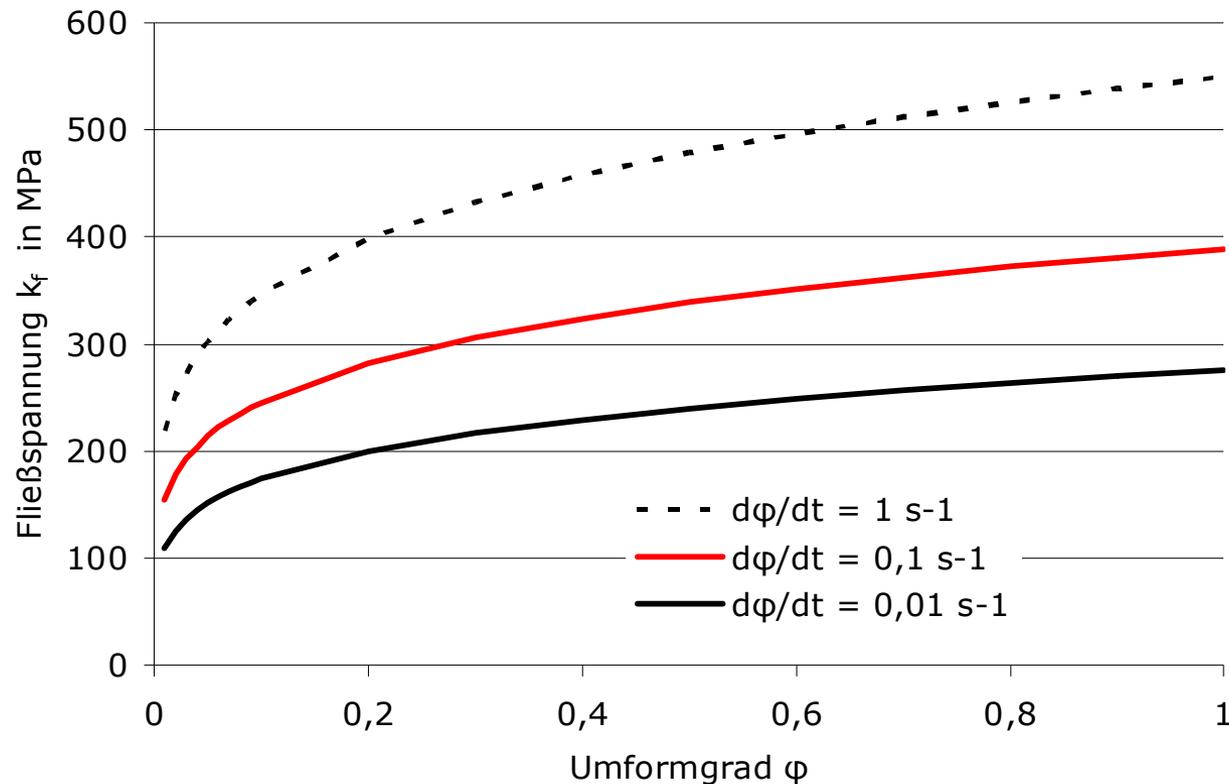
| | | |
|----------|----|-----|
| Variable | A1 | O1 |
| Type | 0 | 0.6 |
| Type | 50 | 0.5 |

Reibgeschwindigkeit

μ

Fließkurve in Abhängigkeit von der Umformgeschwindigkeit

Blechmaterial: 22MnB5; Testtemperatur 650°C; dT/dt von 950°C: 80 K/s
nach [Merklein, 2006]



Materialgesetz:

$$k_f = K \cdot \phi^n \cdot \dot{\phi}^m$$

K : 550 MPa

n : 0.2

m : 0.15

Fließkurve in Abhängigkeit von der Umformgeschwindigkeit

LS-DYNA Materialkarte 64: MAT_RATE_SENSITIVE_POWERLAW_PLASTICITY
nach [Hallquist, 2007]

| Card 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|--------|------|--------|
| Variable | MID | RO | E | PR | K | N | M | E0 |
| Type | A8 | F | F | F | 550 | 0.2 | 0.15 | F |
| Default | --- | --- | --- | --- | --- | 0.0001 | --- | 0.0002 |

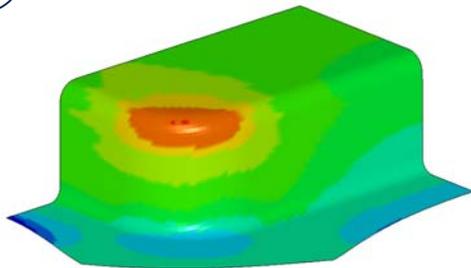
| Card 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|-----|------|---|---|---|---|---|---|
| Variable | VP | EPS0 | | | | | | |
| Type | F | 100 | | | | | | |
| Default | 0.0 | 1.0 | | | | | | |

simulierte WZ-Geschwindigkeit =
100 x reale WZ-Geschwindigkeit

1 Simulationssekunde =
100 realen Sekunden

Fließkurve in Abhängigkeit von der Umformgeschwindigkeit (UG)

A1 Zeitskalierte Simulation

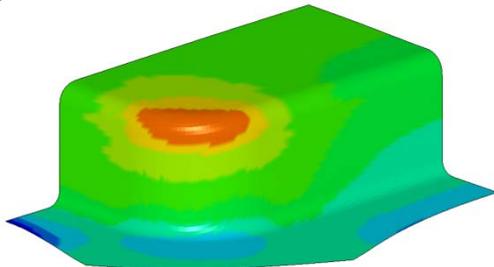


UG = 3600 mm/s
min: -19,1 %
max: 25.2 %



6min

B1 Simulation der realen Prozesszeit



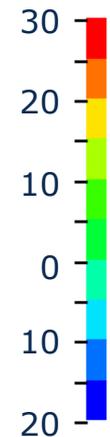
UG = 36 mm/s
min: -20,1 %
max: 23.9 %



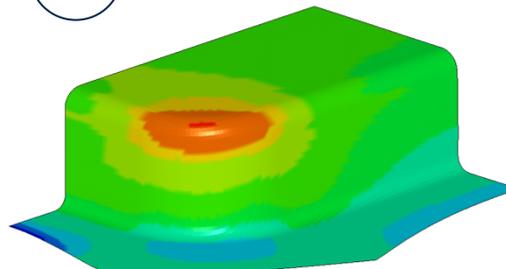
8h 30min

| | |
|--------------------|----------------|
| Prozessor | Intel XEON |
| Taktfrequenz | 2,67 GHz |
| Anzahl Prozessoren | 4 |
| Arbeitsspeicher | 8 GB |
| Betriebssystem | Windows XP x64 |

Blechdicken-
reduzierung
in %

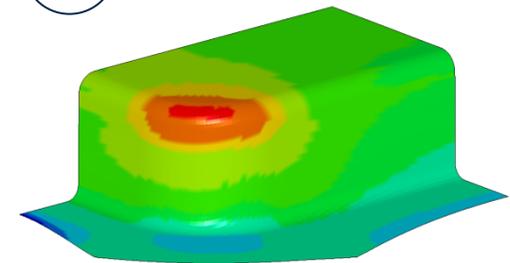


B2



UG = 12 mm/s
min: -18,7 %
max: 25.3 %

B3



UG = 6 mm/s
min: -17,8 %
max: 26.3 %

Modalanalyse der Pressenstruktur

Annahme: Lineares System

Modalanalyse der Pressenstruktur



Impuls-
hammer

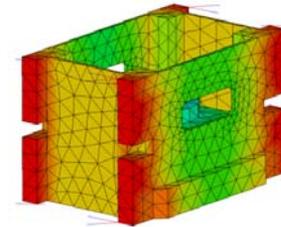


Schwingungs-
erreger

tatsächliche
Übertragungs-
funktion

Kurvenermittlung
über Kurvenermittlungs-
programm durch Anpassung der
Modellparameter

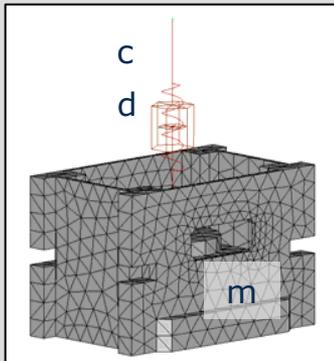
Übertragungs-
verhalten Presse



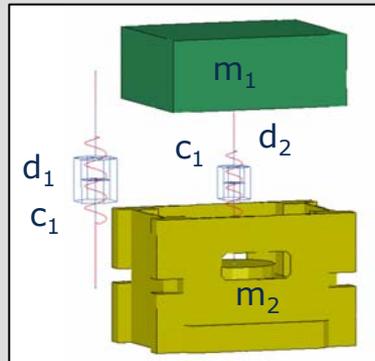
möglichst gute
Übereinstimmung

Analytische Modellansätze

SDOF

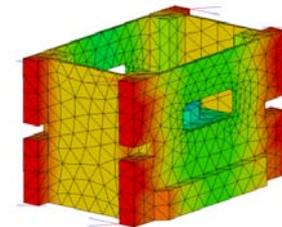


MDOF



mathematisches,
parametrisches
Modell

Übertragungs-
verhalten Modell

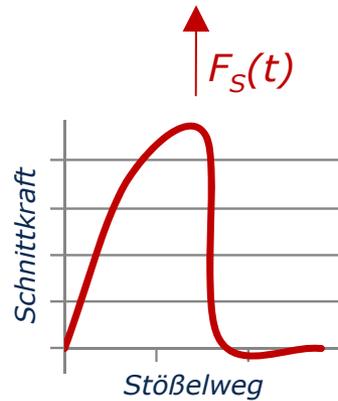
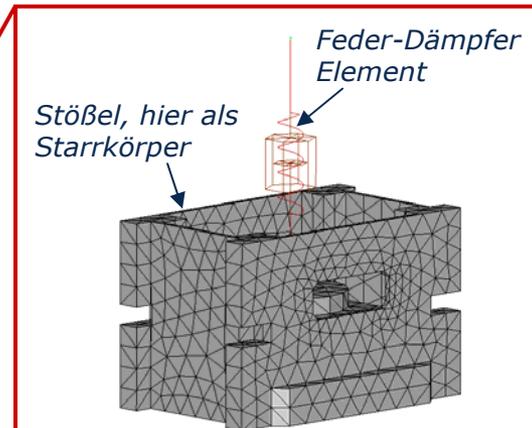


Dynamische Belastung der Pressenstruktur

1-Masse-Schwinger mit mittiger Belastung (SDOF)

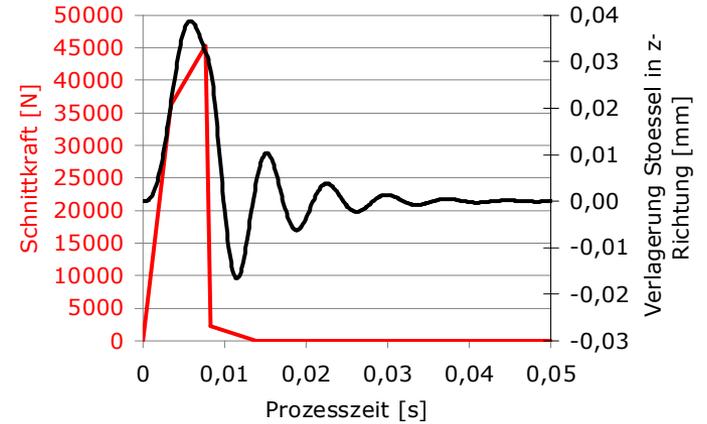


Hydraulische Presse mit 1-Punkt-Antrieb

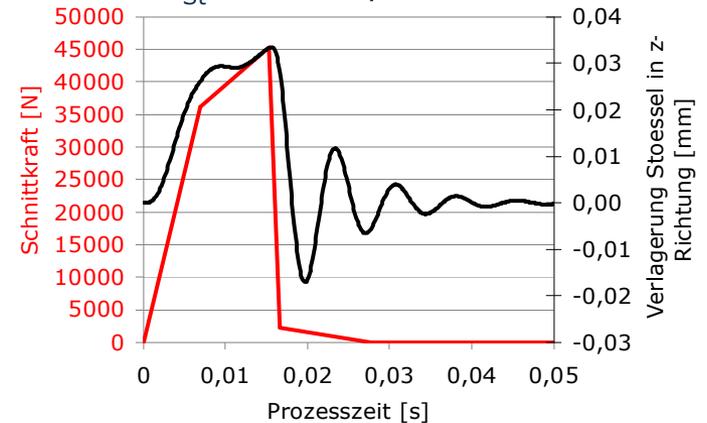


FEM

Stößelgeschwindigkeit
 $v_{St} = 72 \text{ mm/s}$

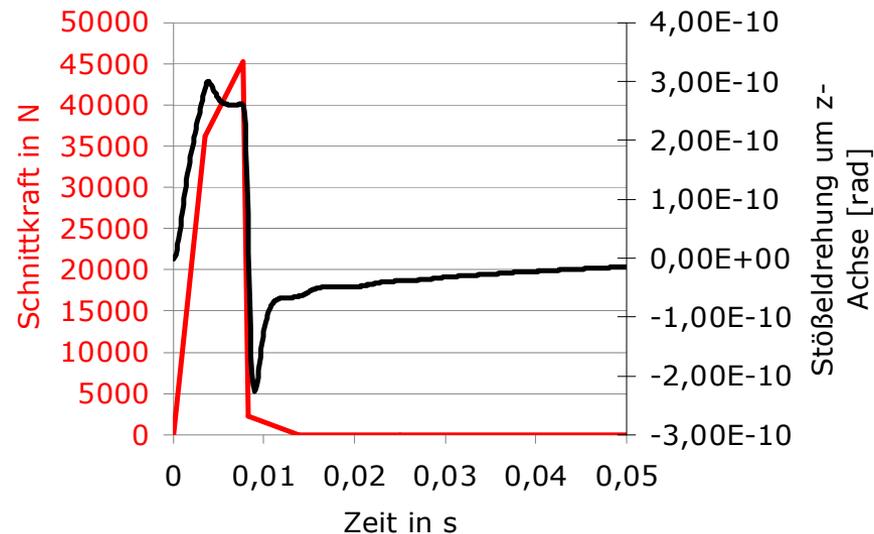
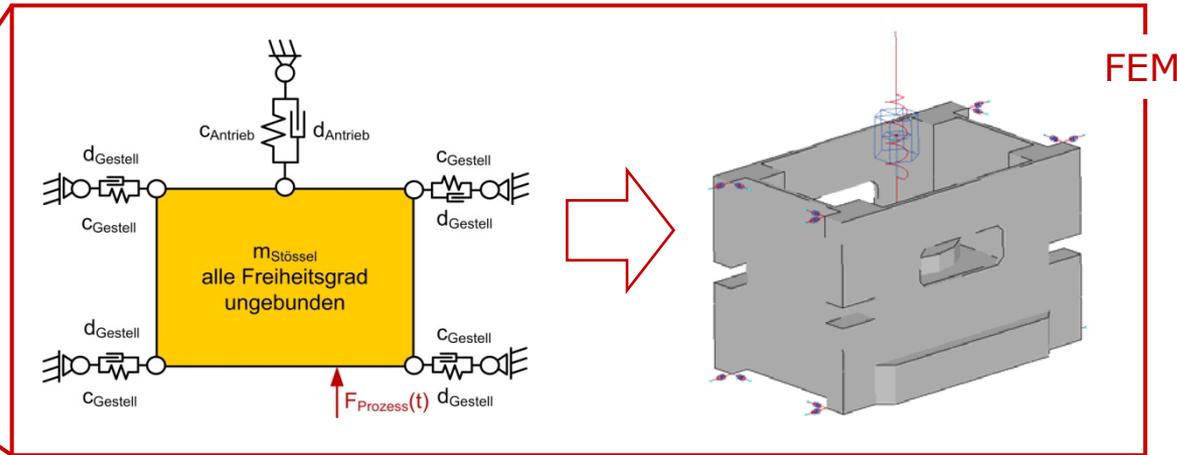


Stößelgeschwindigkeit
 $v_{St} = 36 \text{ mm/s}$



Modalanalyse der Pressenstruktur

Einmasseschwinger mit Berücksichtigung der Stößelführung (MDOF)

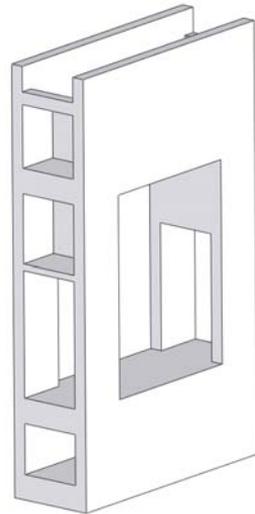


Modellreduktion des Pressenrahmens I

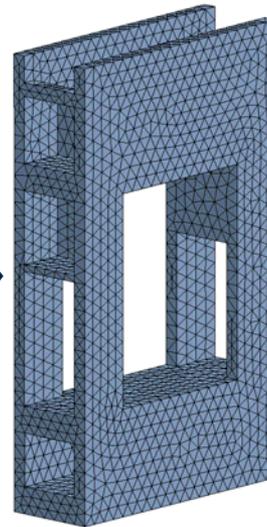
Reale Struktur



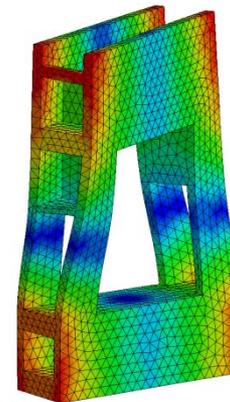
CAD



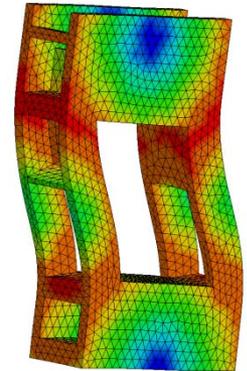
FE-Netz



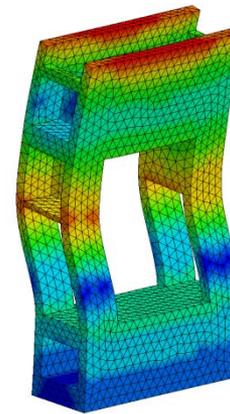
Modalanalyse



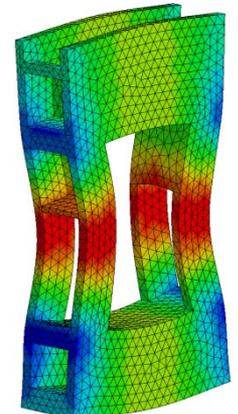
Schwingform
bei 87,6 Hertz



Schwingform
bei 165,2 Hertz



Schwingform
bei 87,6 Hertz



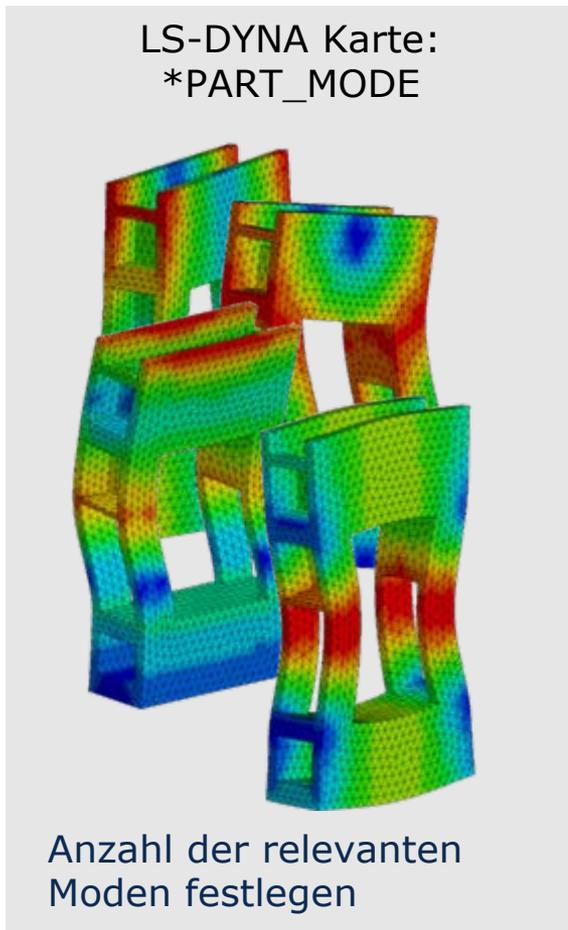
Schwingform
bei 165,2 Hertz

Volumenmodell
mit dynamisch
relevanten
Formelementen

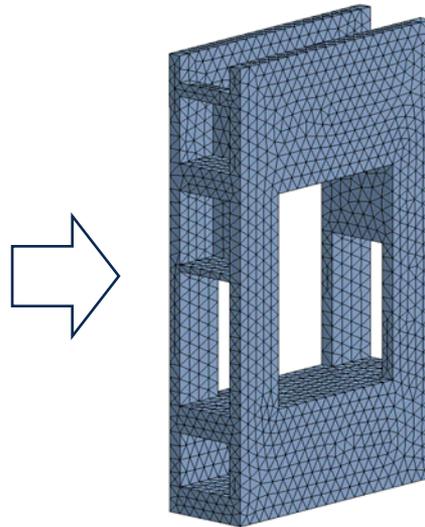
Elemente:
Tetraeder

Material:
Linear Elastisch

Modellreduktion des Pressenrahmens II



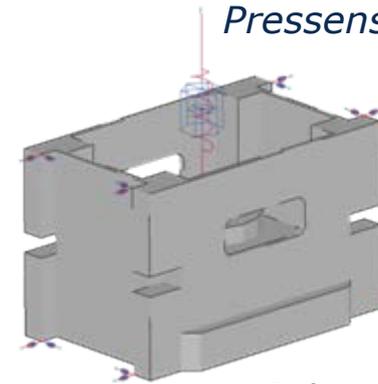
*Modales Ersatzmodell
des Pressenrahmens*



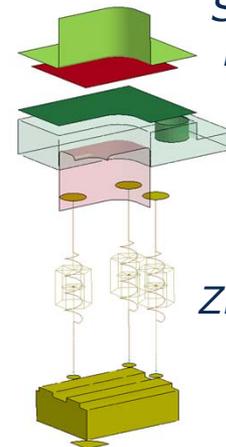
Elemente:
Tetraeder

Starrkörper
MAT_20

*Modell
Pressenstößel*



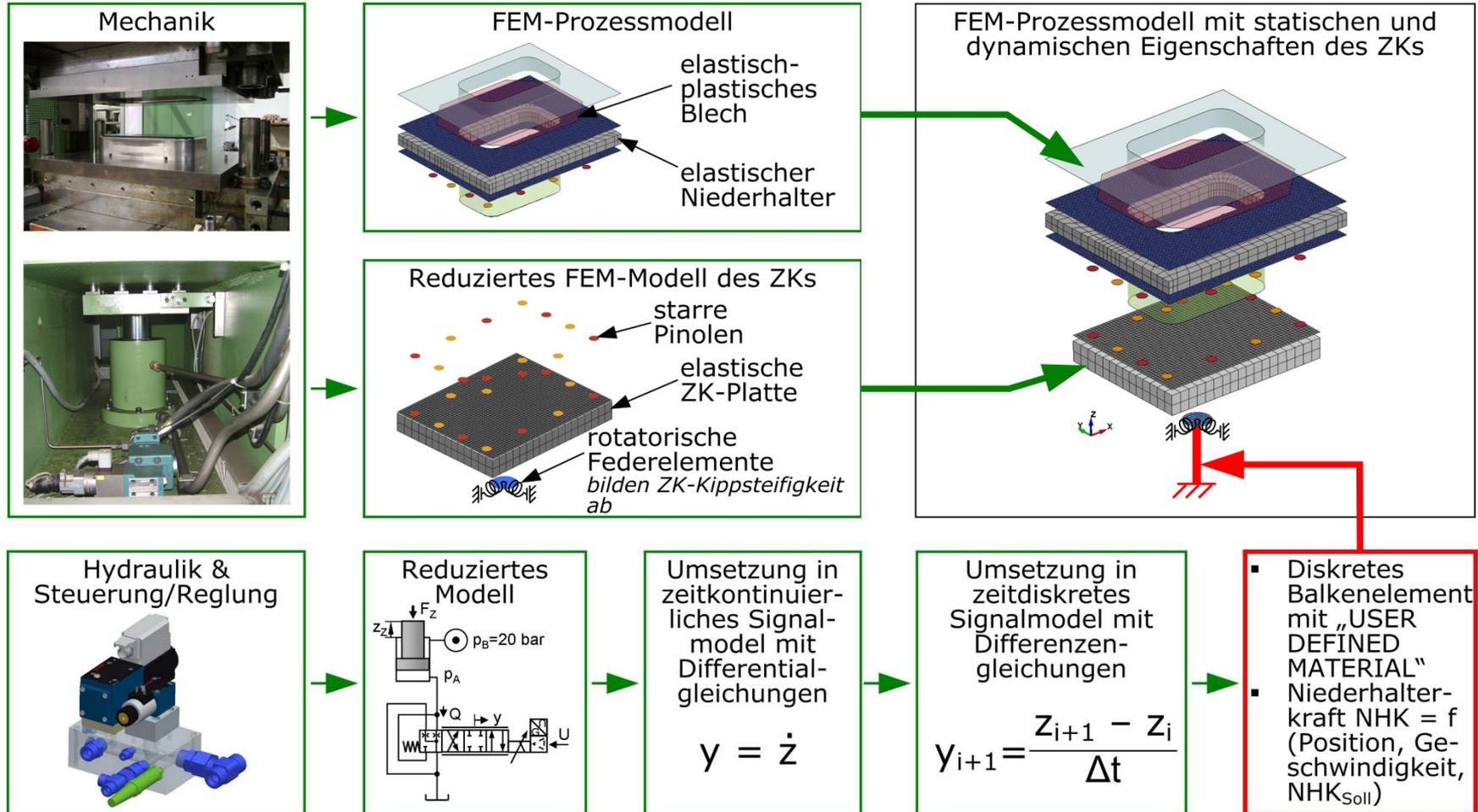
*Schwingfähiges
Prozessmodell*



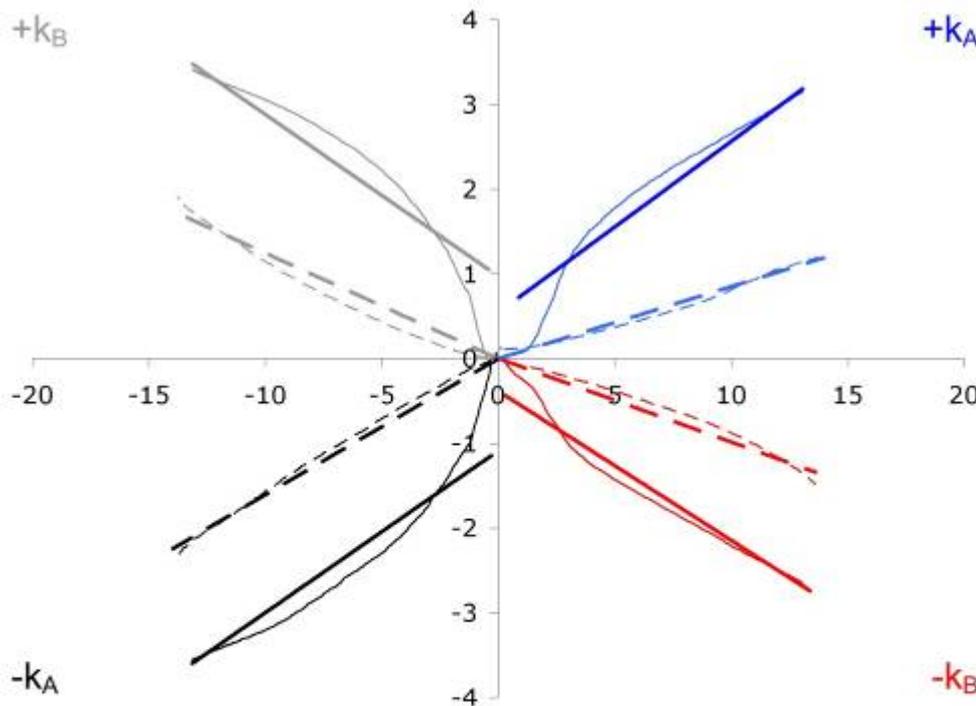
*Modell
Ziehkissen*

Erweiterung des FEM-Prozessmodells hinsichtlich Ziehkissen (ZK) - Charakteristik

Mechanik, Hydraulik, Steuerung & Regelung



Parametrierung rotatorischer Feder Elemente zur Abbildung der ZK-Kippsteifigkeit



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

| Richtung | ohne WZF | | mit WZF | |
|----------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | $C_{kA,B}$ [kNm] | $k_{aA,B}$ [mm/m] | $C_{kA,B}$ [kNm] | $k_{aA,B}$ [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 Feder Elemente

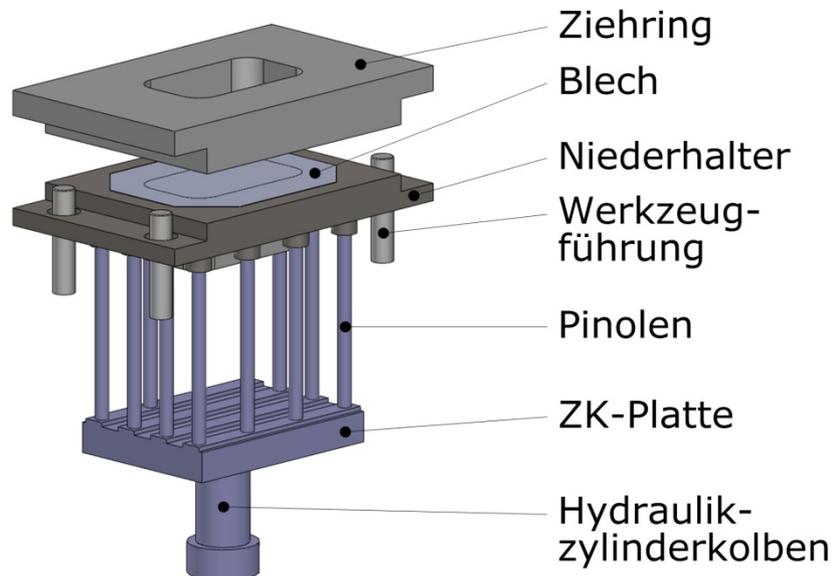
| Richtung | ohne WZF | | mit WZF | |
|----------|------------------------|------------------|--------------------|------------------|
| | $C_{rotA,B}$ [kNm/rad] | $k_{aA,B}$ [rad] | $C_{rotA,B}$ [kNm] | $k_{aA,B}$ [rad] |
| + k_A | 4950000 | 0,0005 | 11750000 | 0 |
| - k_A | 5230000 | -0,0011 | 6230000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

Ziehkissenmodellierung

Bewegte Baugruppen und Symmetrie

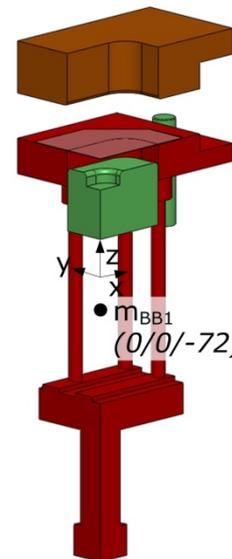
CAD - Vollmodell

- Vereinfachtes Modell von Ziehkissen und Werkzeug



CAD - Viertelmodell

- Ausnutzung der doppelten Flächensymmetrie zur Verkürzung der Rechenzeiten in der FEM

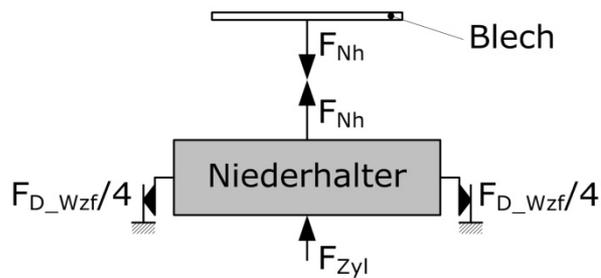


- BB1**
bewegte Baugruppe
ZK-NH-Blech
 $m = 350 \text{ kg} / 4$
 - BB2**
bewegte Baugruppe
Stößel-Ziehring
 - SB1**
stationäre Baugruppe
Pressentisch-Stempel
-Werkzeugführung
- y, z, x Pressenkoordinatensystem

Ziehkissenmodellierung

Dämpfungswirkung der Werkzeugführung (Gleitführung)

Coulombsche Reibung
(Reibungsdämpfung)

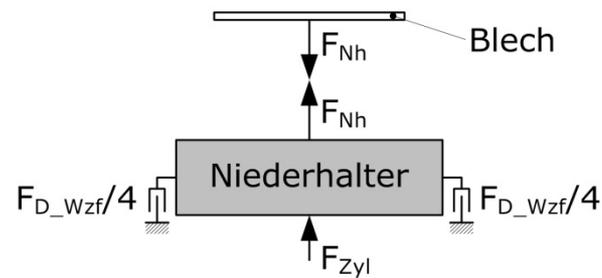


$$F_{Nh} = F_{D_Wzf} + F_{Zyl}$$

mit

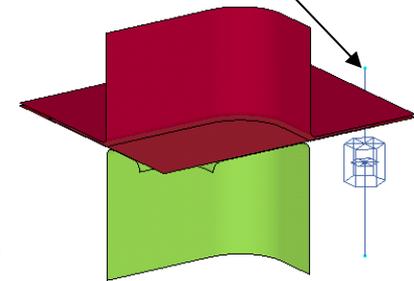
$$F_{D_Wzf} = F_{R_Wzf} \cdot \text{sign}(\dot{z}_{Nh})$$

Viskose Dämpfung

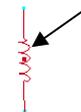


$$F_{D_Wzf} = b \cdot |\dot{z}_{Nh}| \cdot \text{sign}(\dot{z}_{Nh})$$

WZ-Führung als
Dämpfer

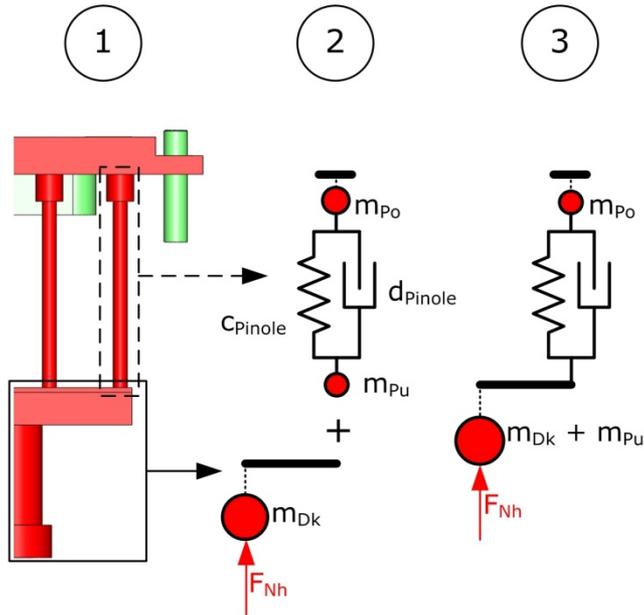


Ziehkissenantrieb als
nichtlineare Feder



- beim Quetschen eines zähen Mediums durch einen engen Spalt entsteht eine geschwindigkeitsabhängige Kraft

Modellreduktion Pinolen



- m_{Po} konzentrierte Masse Pinole oben
- m_{Pu} konzentrierte Masse Pinole unten
- m_{DK} konzentrierte Masse Druckkasten
- C_{Pinole} Steifigkeit Pinole in z-Richtung
- d_{Pinole} Materialdämpfung Pinole
- F_{Nh} Niederhalterkraft
- Starrkörper (Schalen)
- starre Verbindung

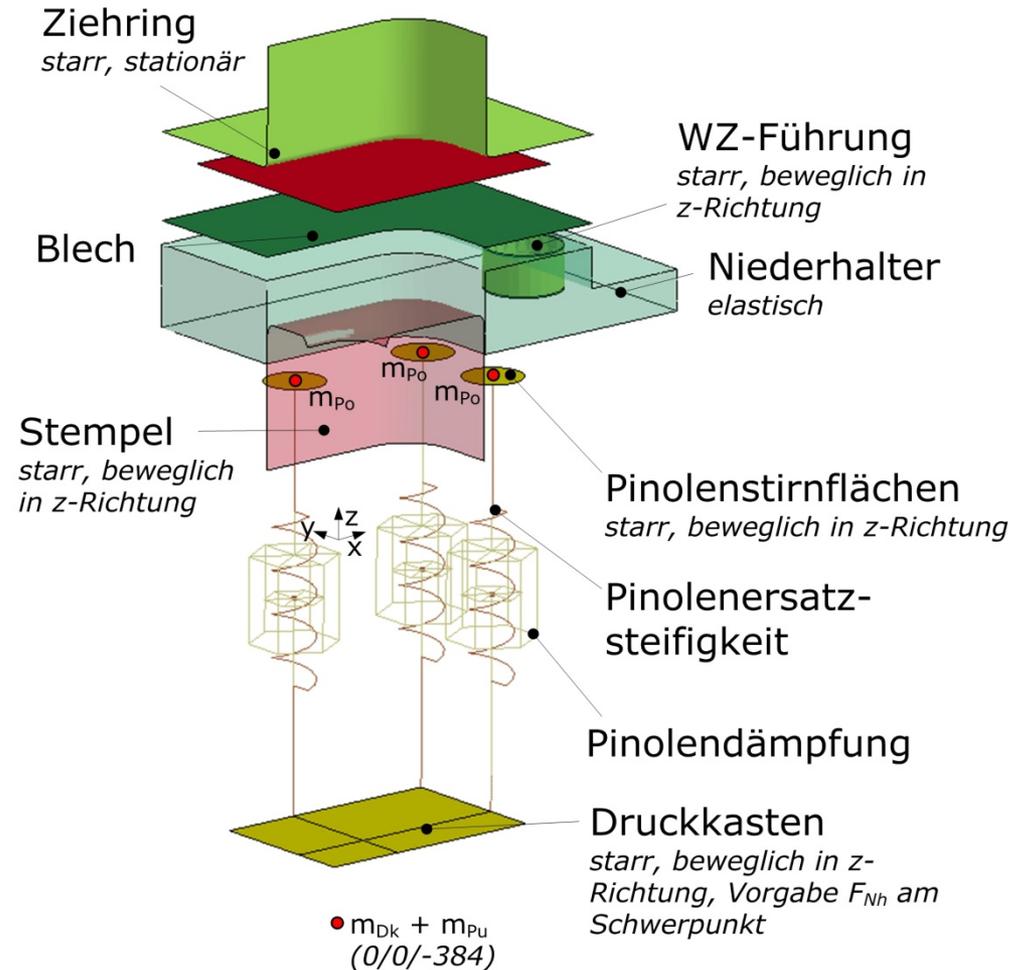
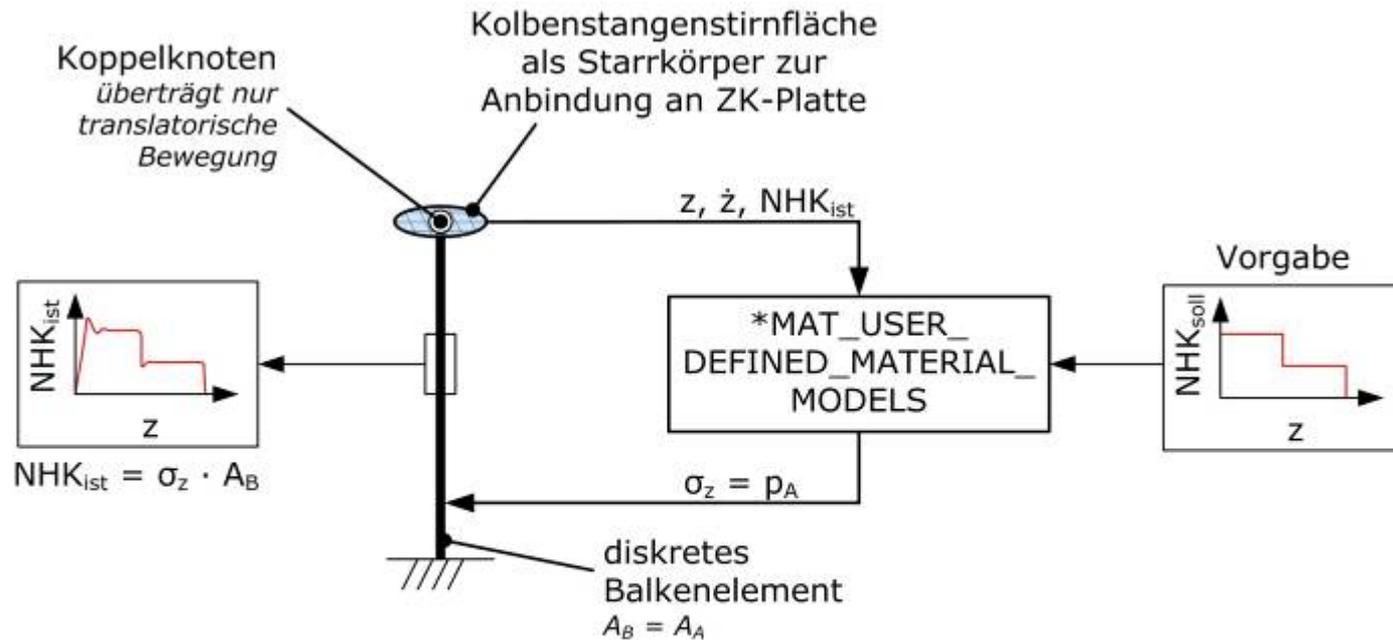


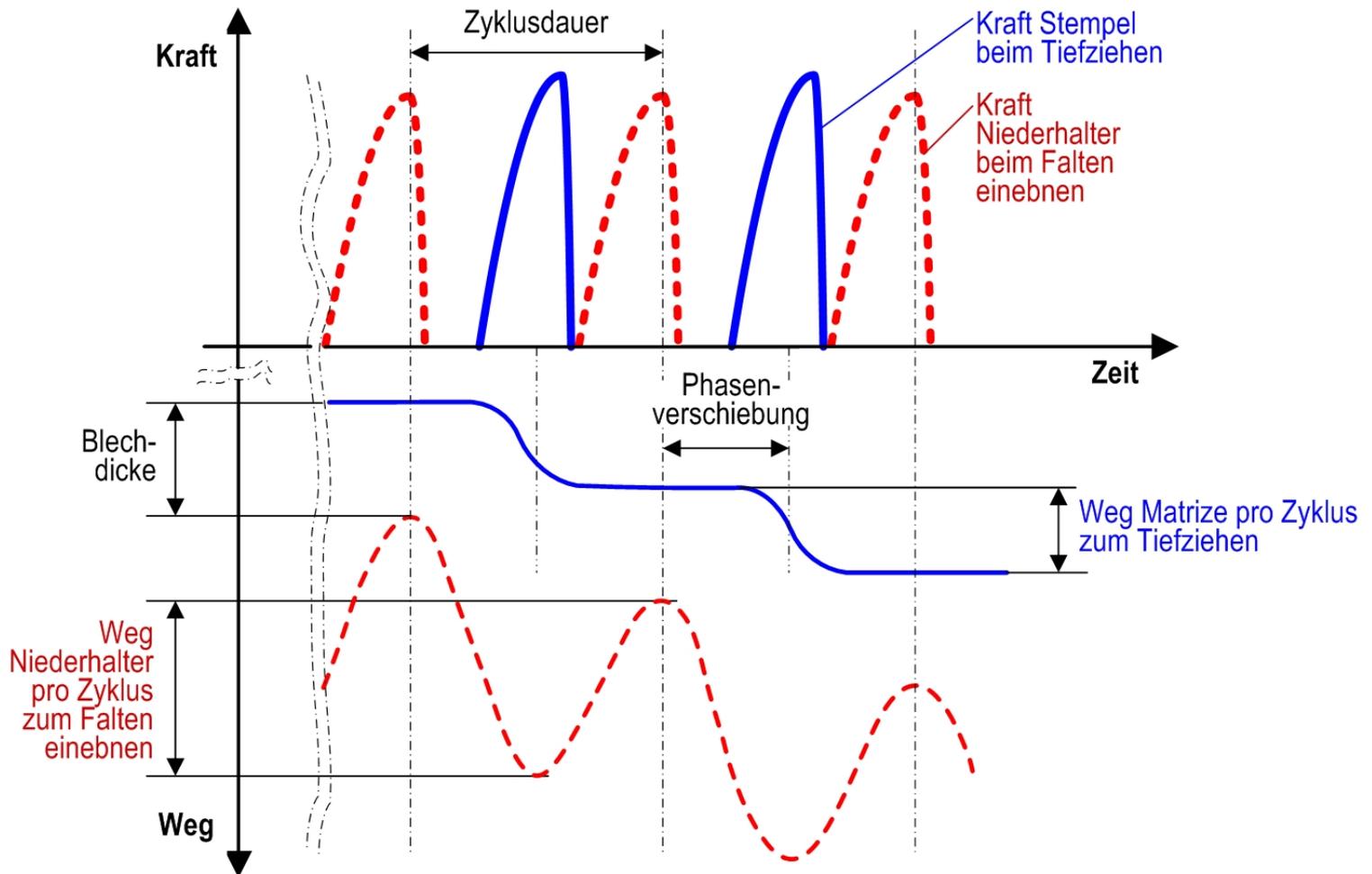
Abbildung des zeitdiskreten Signalmodells der Ziehkissenhydraulik, -regelung & -steuerung als diskretes Balkenelement in FEM Software: LS-DYNA



| | | | |
|------------|------------------------------|-------|--------------------------|
| NHK | Niederhalterkraft | p_A | Zylinderdruck |
| σ_z | Normalspannung in z-Richtung | A_A | Zylinderkolbenfläche |
| z | Position Ziehkissen | A_B | Balkenquerschnittsfläche |
| \dot{z} | Geschwindigkeit Ziehkissen | | |

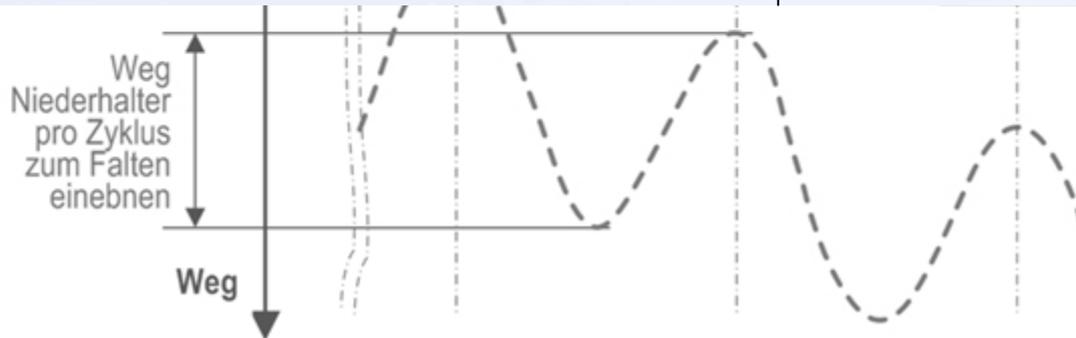
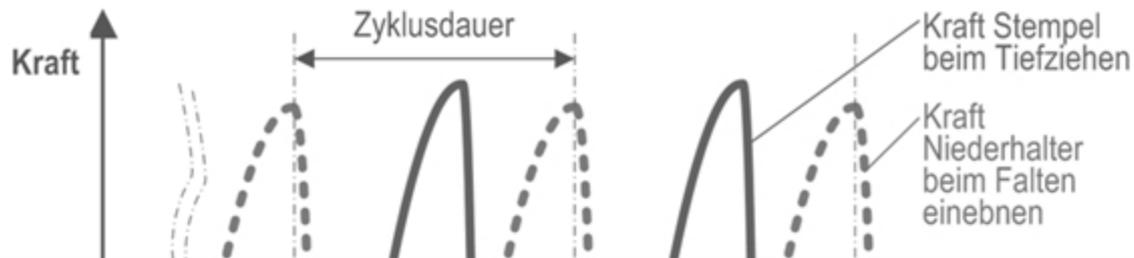
FE-Simulation des Synchro-Tiefziehens

In Kooperation mit IWU, Fraunhofer, Dresden/Chemnitz



FE-Simulation des Synchro-Tiefziehens

In Kooperation mit IWU, Fraunhofer, Dresden/Chemnitz

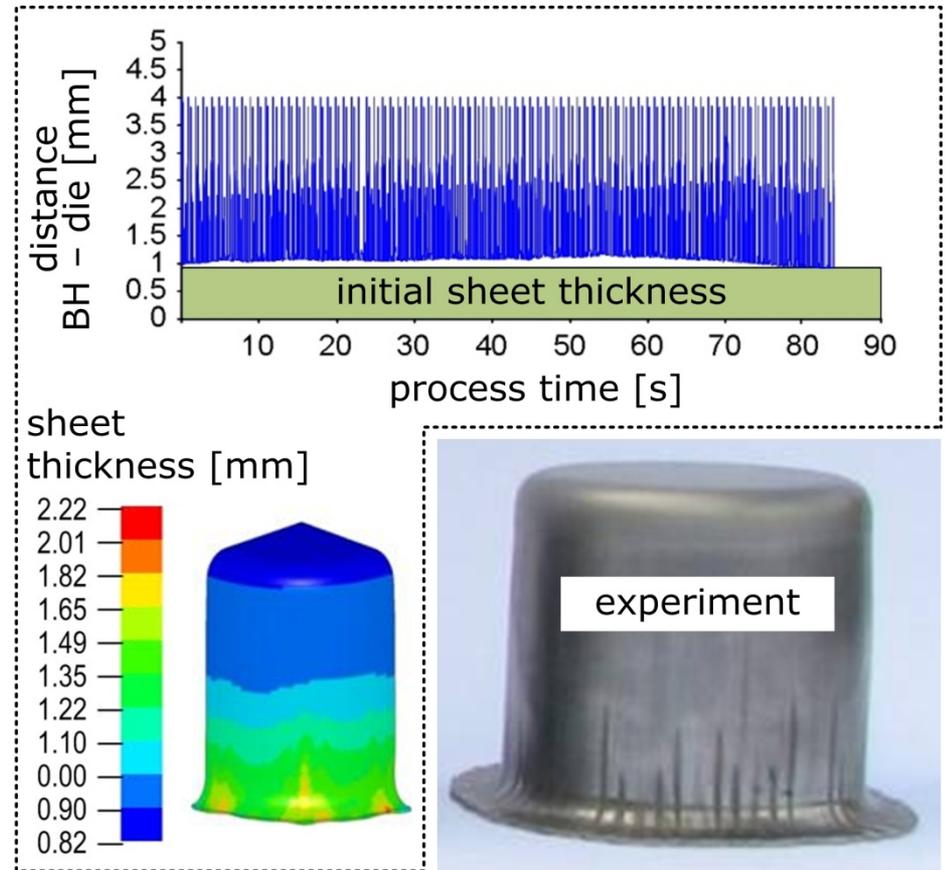
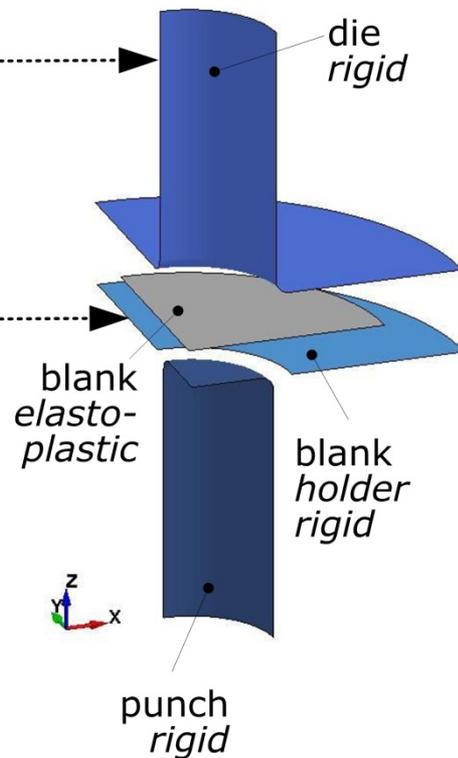
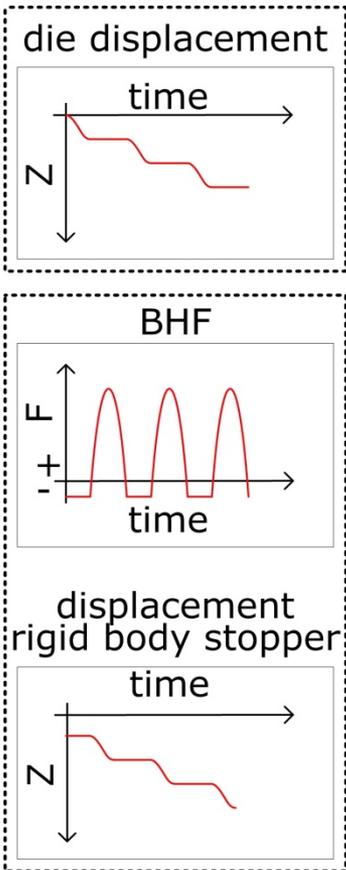


FE-Simulation des Synchro-Tiefziehens

FE Input

FE model

FE output



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit