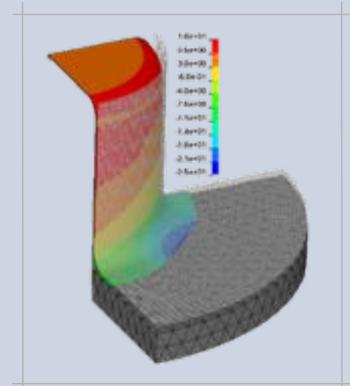


Erfahrungen mit der Hybridvernetzung „Dummy Shell Methode“ zur Modellierung elastischer Maschinen- und Werkzeug- einflüsse auf den Blechumformprozess

Bearbeiter Dipl.-Ing. S. Kriechenbauer (TU Dresden)

Gliederung

- Umformsimulation mit LS-Dyna
- Anwendung der Hybridvernetzung
- Reverse Engineering mit Hybridvernetzung
- Zusammenfassung



Dresden, 29.10.2010

Einsatzgebiete der Umformsimulation

Projektierung

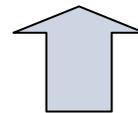
Prozessverständnis
Variantenvergleich
Produktionsplanung
Kostenabschätzung
Kennzahlermittlung

Entwicklung

Objektivierung
Konzeptionierung
Prozessabsicherung
Optimierung

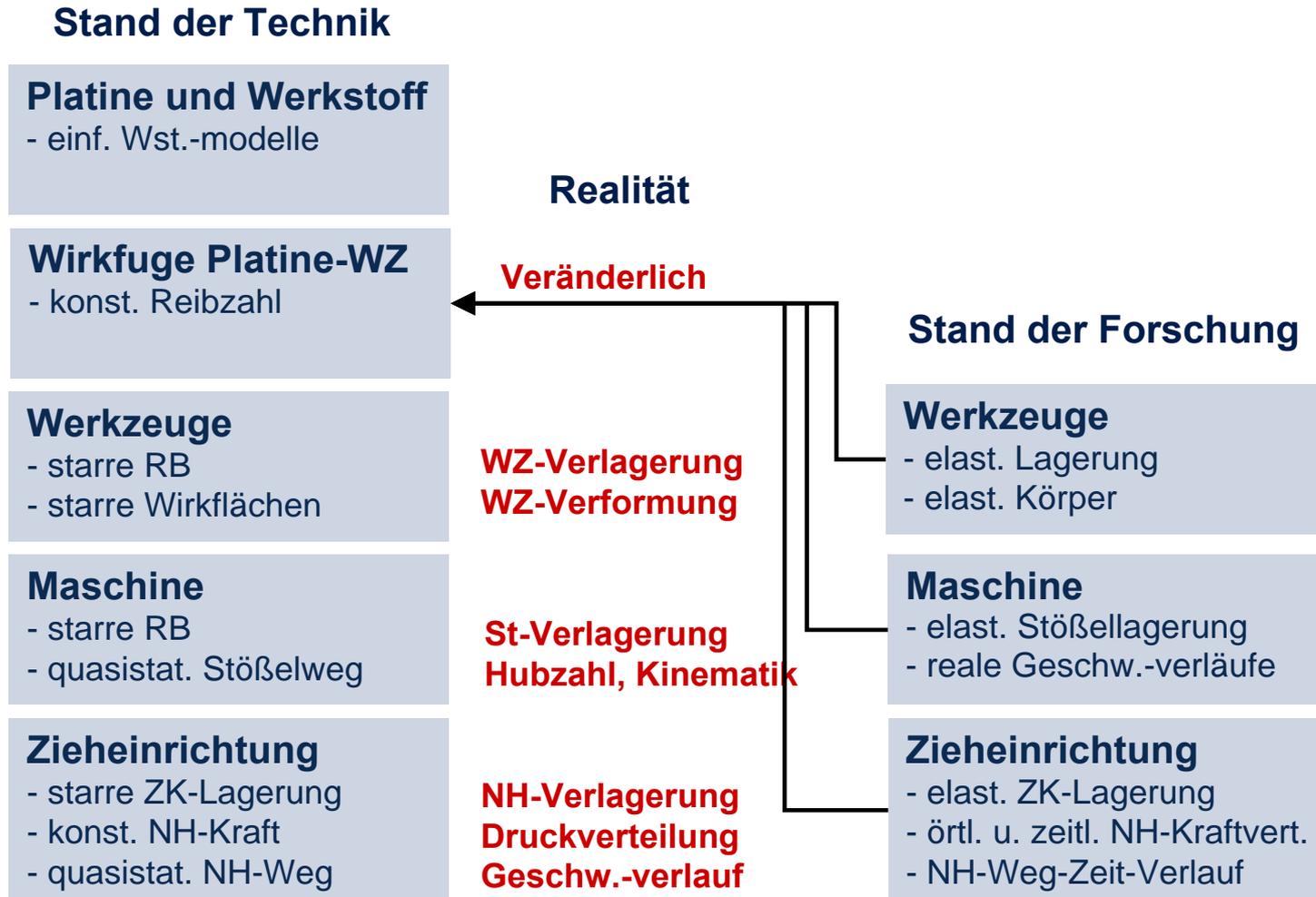
Produktion

Prozessoptimierung
Änderungsvorgänge

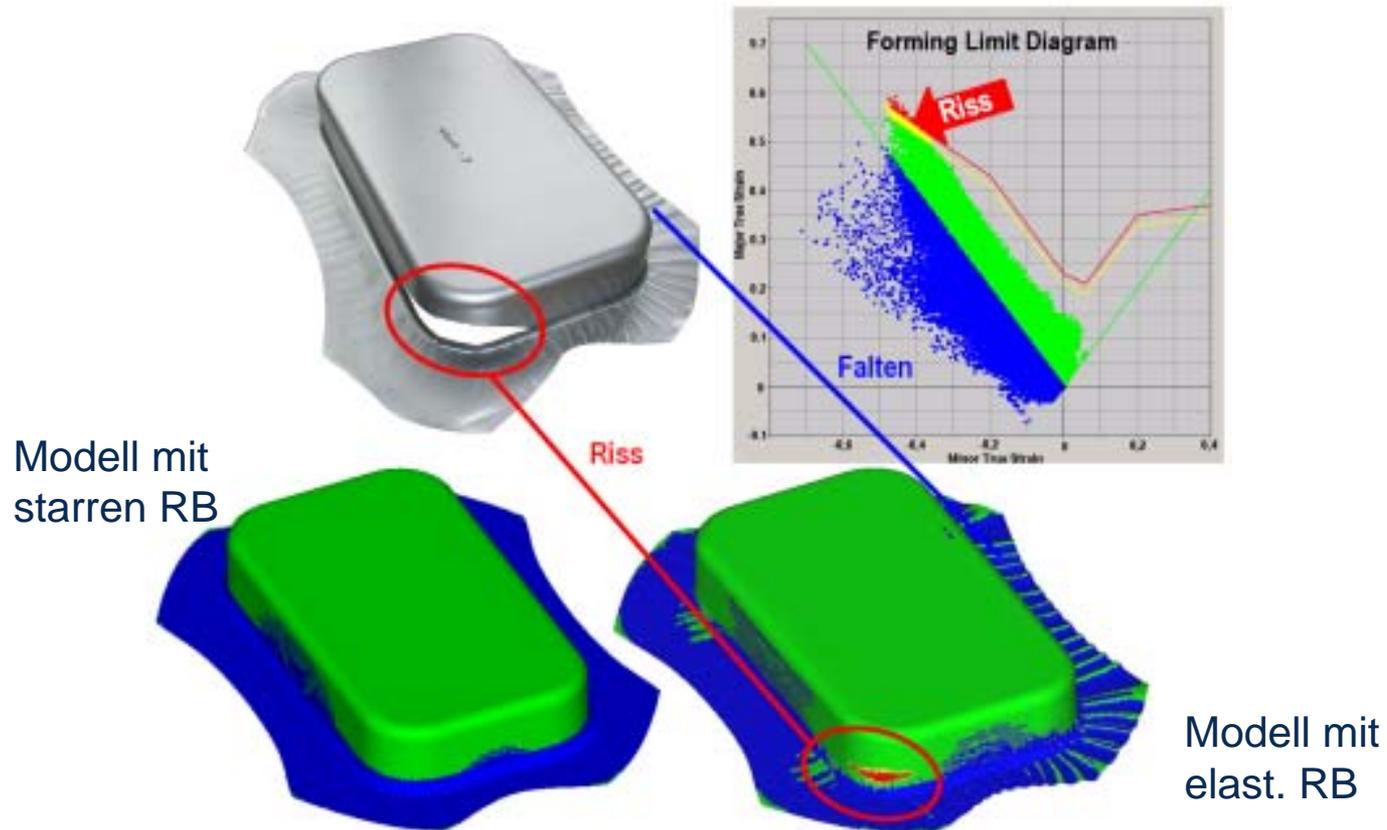


**Einflüsse aus Werkstück,
Werkzeug und Maschine
auf den Blechumform-
prozess**

Anforderungen an die Umformsimulation



Vergleich zw. herkömmlicher und erw. Umformsimulation

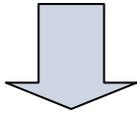


Modellumfang je nach Einsatzgebiet

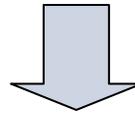
Projektierung

Entwicklung

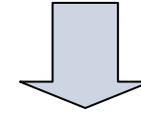
Produktion



einfache Modelle mit
vielen Annahmen



möglichst genaue (vollst.)
und konkretisierte Modelle
notwendig



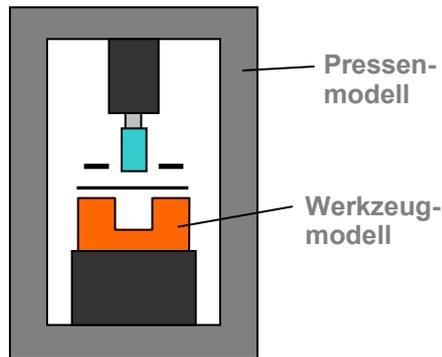
angewandte und
validierte Modelle



Wirtschaftlichkeit

Reduktionsmöglichkeiten von Umformmodellen

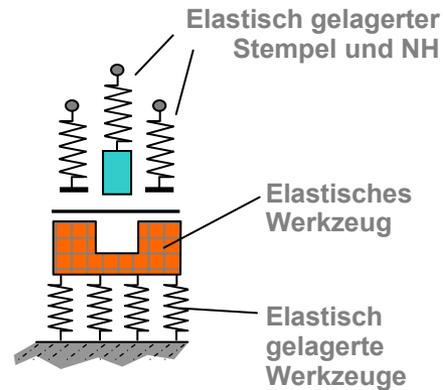
Vollständiges Modell



Diskretisierungsverfahren

FEM, EFG, BEM, MKS

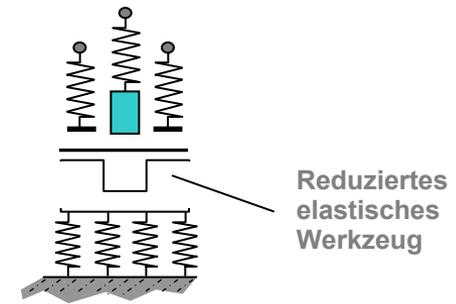
Reduziertes Modell



Randbedingungen

Ersatzfedern
(transl., rot., nichtlinear, ...)

Red. Werkzeugmodell

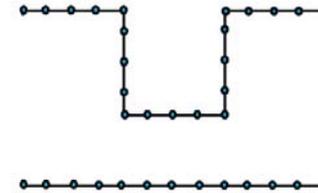
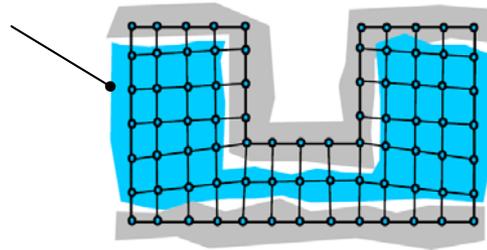


Modellreduktion des WZ

Kondensiert / Superelement
Flexible Rigid Bodies
Hybridvernetzung

Kondensation mit Superelementen

statische Kondensation
des elast. WZ-Körpers



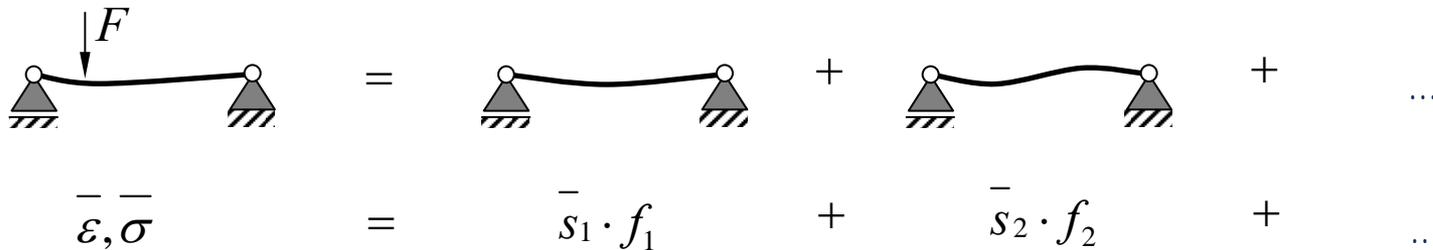
Kontaktfläche als
Superelement

+ in LS-Dyna® R4.2.1 implementiert `*ELEMENT_DIRECT_MATRIX_INPUT`

- **große Datenmengen** bereits bei kleinen Modellen
- keine effektive Rechenzeitverkürzung

Haufe, A. et al.: *Sheet Metal Forming Simulation with elastic Tools in LS-Dyna*. Numisheet 2008. Interlaken. Switzerland.

Zerlegung in Eigenformen



$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{Beam with force } F & = & \text{Mode 1} & + & \text{Mode 2} & + & \dots \\
 \underline{\underline{\varepsilon, \sigma}} & = & \underline{\underline{s_1 \cdot f_1}} & + & \underline{\underline{s_2 \cdot f_2}} & + & \dots
 \end{array}$$

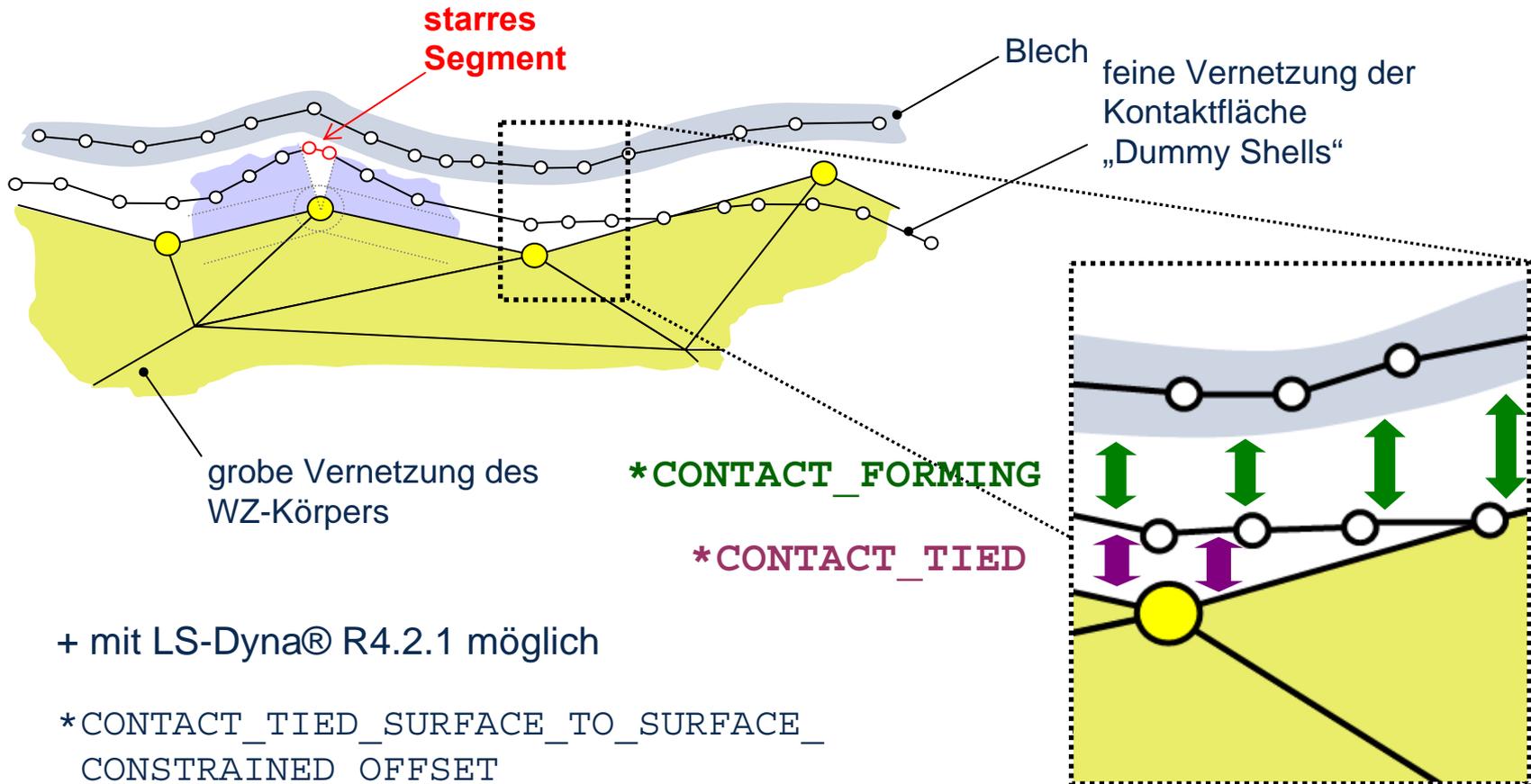
+ in LS-Dyna® R4.2.1 implementiert *PART_MODES

+ geringe Anforderung an Speicher

- Eigenwertanalyse notwendig
- **in jedem Zeitschritt** ist die **Superposition der Schwingformen** erneut durchzuführen
- **Frequenzband bestimmt Genauigkeit** bei der Berechnung bei lokalen Deformationen

Hybridvernetzung von Umformwerkzeugen

Kombination unterschiedlicher FE-Netze



Haufe, A. et al.: *Sheet Metal Forming Simulation with elastic Tools in LS-Dyna*. Numisheet 2008. Interlaken. Switzerland.

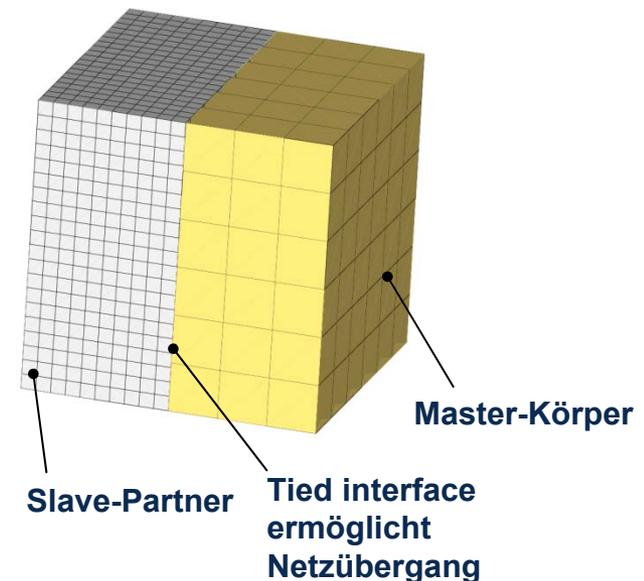
Hybridvernetzung von Umformwerkzeugen

- + Kontaktmodellierung mit Schalen ist Stand der Technik
- + elast. Durchbiegung wird ausreichend genau abgebildet
- + **einf. Änderung oder Austausch der Kontaktfläche** möglich
- + Rechenzeitverkürzung, Dummy Shell haben **keinen Einfluss auf expliziten Zeitschritt**

- höherer Modellierungsaufwand
- Methode funktioniert **nur mit der MPP-Version** von LS-Dyna®

Kontaktmodell *CONTACT_TIED

- Realisierung eines nichtkonsistenten Netzüberganges verringert den Aufwand bei der Modellerstellung
- LS-Dyna® bietet Übergang mit Transformation der **transl. DOF von Flächen auf Flächen**
transl. DOF von Knoten auf Flächen
transl. und rot. DOF von Knoten
- Abbildung von Delaminationsvorgängen möglich
- Slave-Knoten werden mit Zwangsbedingungen an die Master-Segmente gebunden
- Slave-/Master-Knoten dürfen keine anderen Zwangsbed. besitzen



Kontaktalgorithmus *CONTACT_TIED

- Zu Beginn wird ein interpolierter Kontaktknoten (ξ_c, η_c) berechnet
- Zu jedem Zeitschritt werden die Knotenkräfte/-masse des Slave-Partners auf die Master-Knoten verteilt

$$\Delta f_m^i = \phi_i(\xi_c, \eta_c) f_s$$

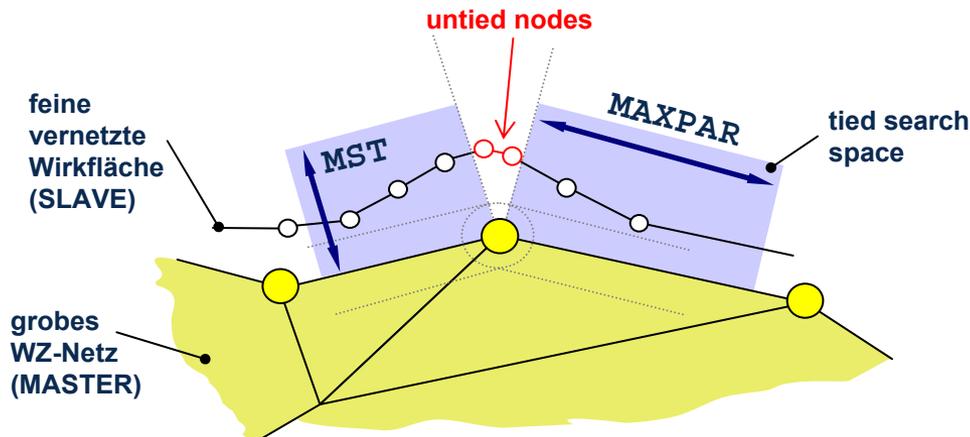
- Danach wird die Beschleunigung am Master-Segmentes berechnet und auf die Slave-Knoten interpoliert

$$a_{i_s} = \sum_{j=1}^4 \phi_j(\xi_c, \eta_c) a_i^j$$

LS-Dyna® Keyword ***CONTACT_TIED**

***CONTACT_TIED_SURFACE_TO_SURFACE_CONSTRAINED_OFFSET_ID**

\$#	cid	title						
	1							
\$#	ssid	msid	sstyp	mstyp	sboxid	mboxid	spr	mpr
	1	2	3	0				
\$#	fs	fd	dc	vc	vdc	penchk	bt	dt
					20			
\$#	sfs	sfm	sst	mst	sfst	sfmt	fsf	vsf
				-5				
\$#	soft	sofscl	lcidab	maxpar	sbopt	depth	bsort	frcfrq
				1.2				
\$#	penmax	thkopt	shlthk	snlog	isym	i2d3d	sldthk	sldstf
\$#	igap	ignore	dprfac	dtstif	unused	unused	flangl	



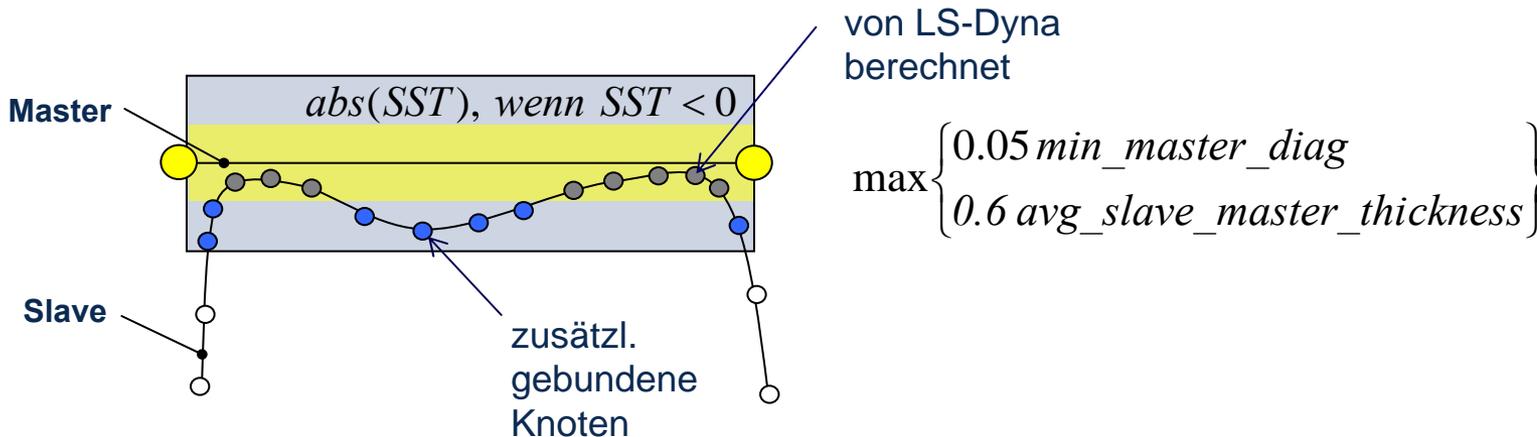
MST und **MAXPAR** sind abhängig von den Netzgrößen

- ▶ **MST** umso größer je größer WZ-Netz, Solver warnt vor „leeren“ Mastersegmenten

LS-Dyna® Keyword ***CONTACT_TIED**

***CONTACT_TIED_SURFACE_TO_SURFACE_CONSTRAINED_OFFSET_ID**

\$#	cid	title						
	1							
\$#	ssid	msid	sstyp	mstyp	sboxid	mboxid	spr	mpr
	1	2	3	0				
\$#	fs	fd	dc	vc	vdc	penchk	bt	dt
					20			
\$#	sfs	sfm	sst	mst	sfst	sfmt	fsf	vsf
			-1	-5				
\$#	soft	sofscl	lcidab	maxpar	sbopt	depth	bsort	frcfrq
				1.2				
\$#	penmax	thkopt	shlthk	snlog	isym	i2d3d	sldthk	sldstf
\$#	igap	ignore	dprfac	dtstif	unused	unused	flangl	

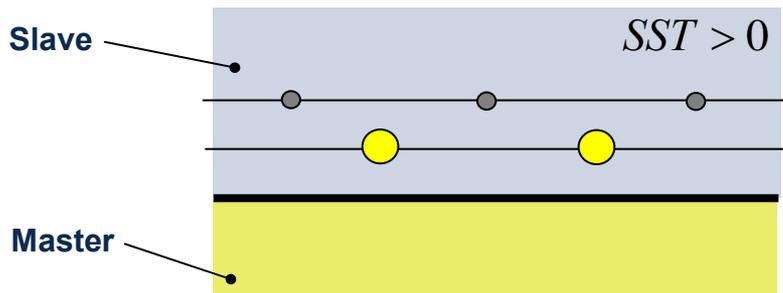


LS-Dyna® Keyword `*CONTACT_TIED`

`*CONTACT_TIED_SURFACE_TO_SURFACE_CONSTRAINED_OFFSET_ID`

```

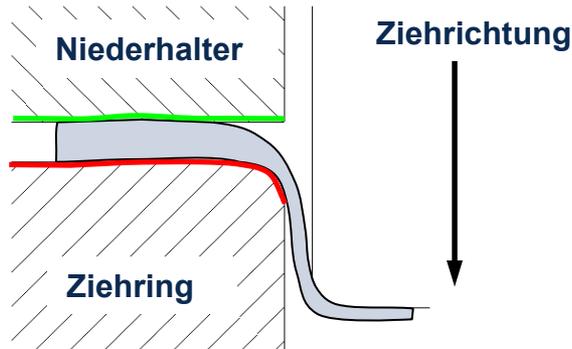
$#      cid                                     title
      1
$#      ssid      msid      sstyp      mstyp      sboxid      mboxid      spr      mpr
      1          2          3          0
$#      fs          fd          dc          vc          vdc          penchk          bt          dt
                                     20
$#      sfs          sfm          sst          mst          sfst          sfmt          fsf          vsf
                                     1          -5
$#      soft      sofscl      lcidab      maxpar      sbopt          depth          bsort          frcfrq
                                     1.2
$#      penmax      thkopt      shlthk      snlog          isym          i2d3d          sldthk          sldstf
$#      igap          ignore      dprfac      dtstif      unused          unused          flangl
  
```



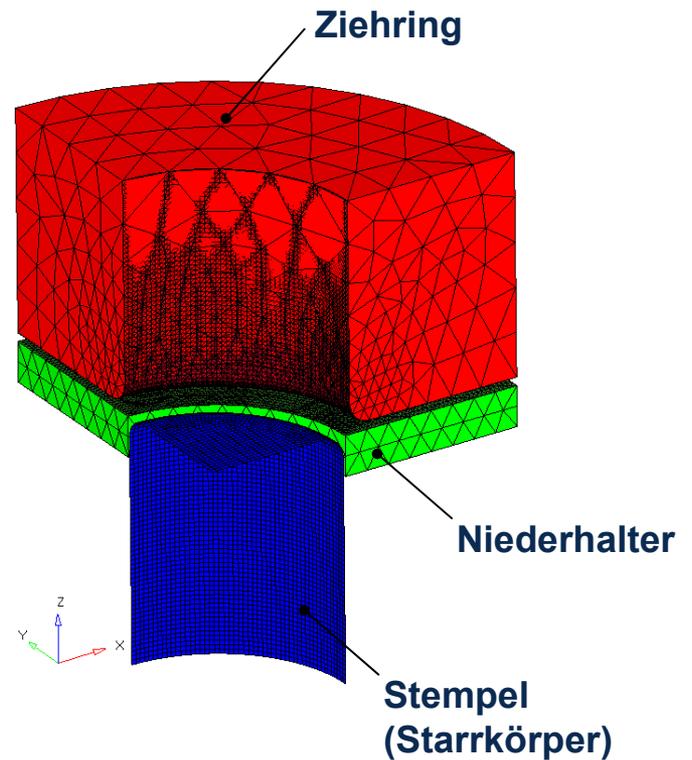
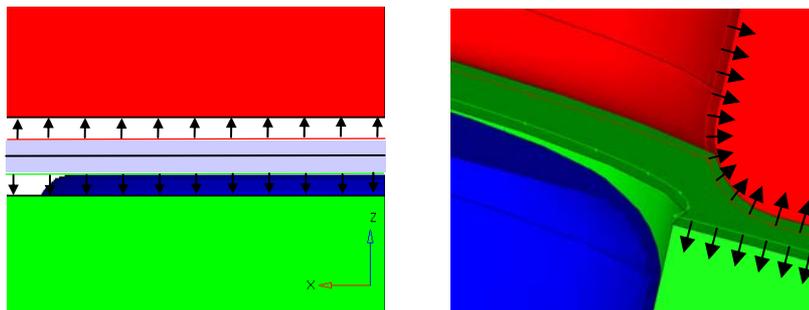
Offsetierung mit `SST` erforderlich, da Dummy Shells eine Dicke besitzen

▷ globale Angabe, d.h. **Dickenveränderungen** werden im Kontakt nicht mehr berücksichtigt, in der **Blechumformung** jedoch **notwendig**

Hybridvernetzung am Napfwerkzeug

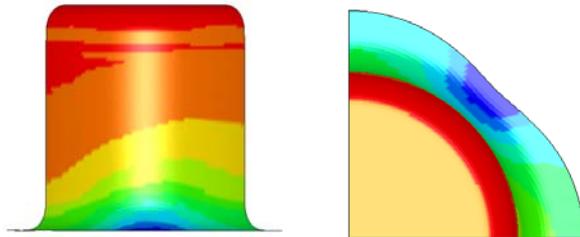


- ▶ Damit Blechdickenänderung im Kontakt berücksichtigt werden kann, werden Wirkflächen um die halbe Schalendicke offsetiert.



Simulationsergebnisse für das Napfwerkzeug

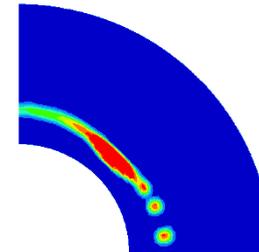
Blechdickenreduktion in %



Starrkörpermodell

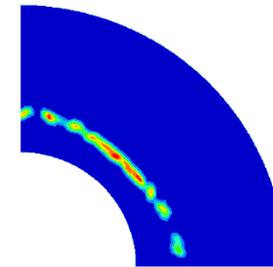
12 000 Elemente
1,2h CPU Time

Normalkontaktdruck in GPa



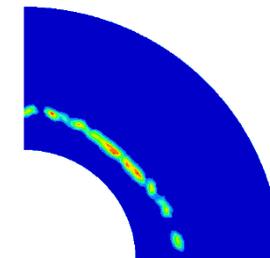
Hybridvernetzung

27 000 Elemente
1,4h CPU Time



Feine Vernetzung

261 000 Elemente
2,9h CPU Time

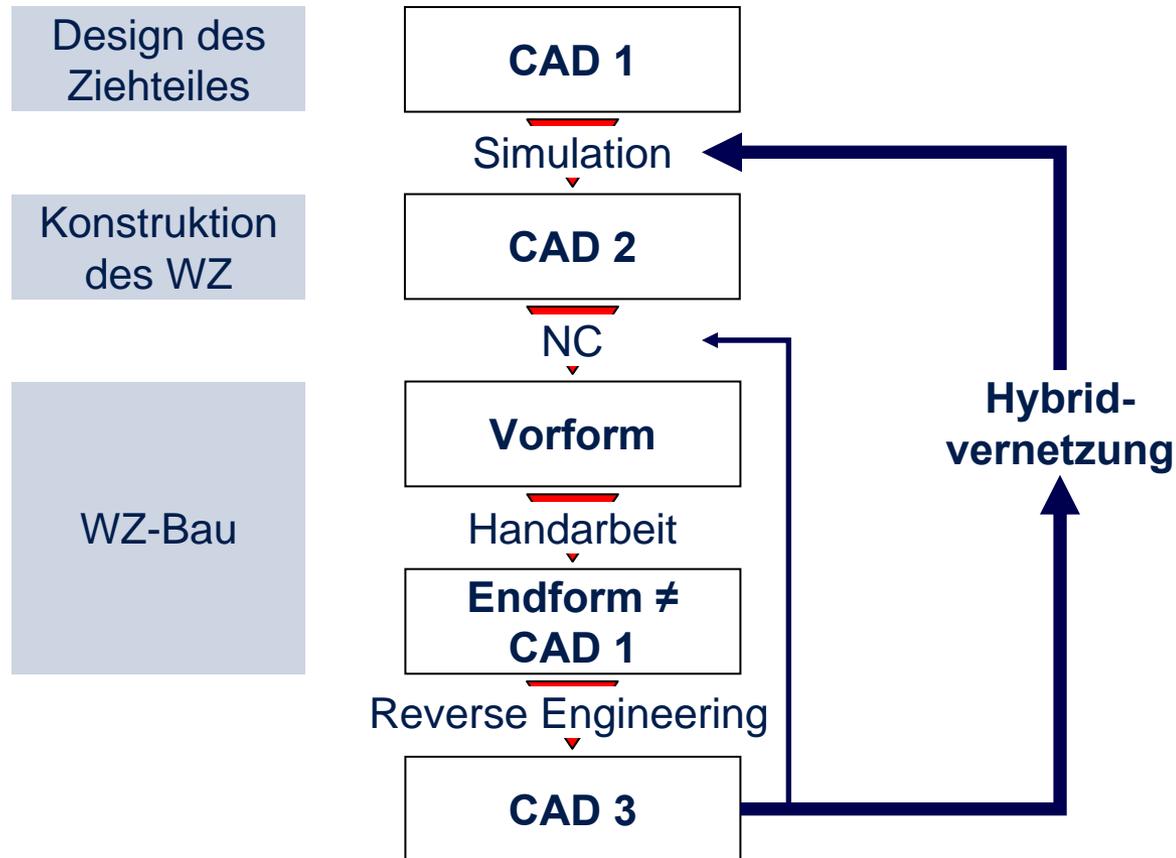


1.00e+01
 6.50e+00
 3.00e+00
 -5.00e-01
 -4.00e+00
 -7.50e+00
 -1.10e+01
 -1.45e+01
 -1.80e+01
 -2.15e+01
 -2.50e+01

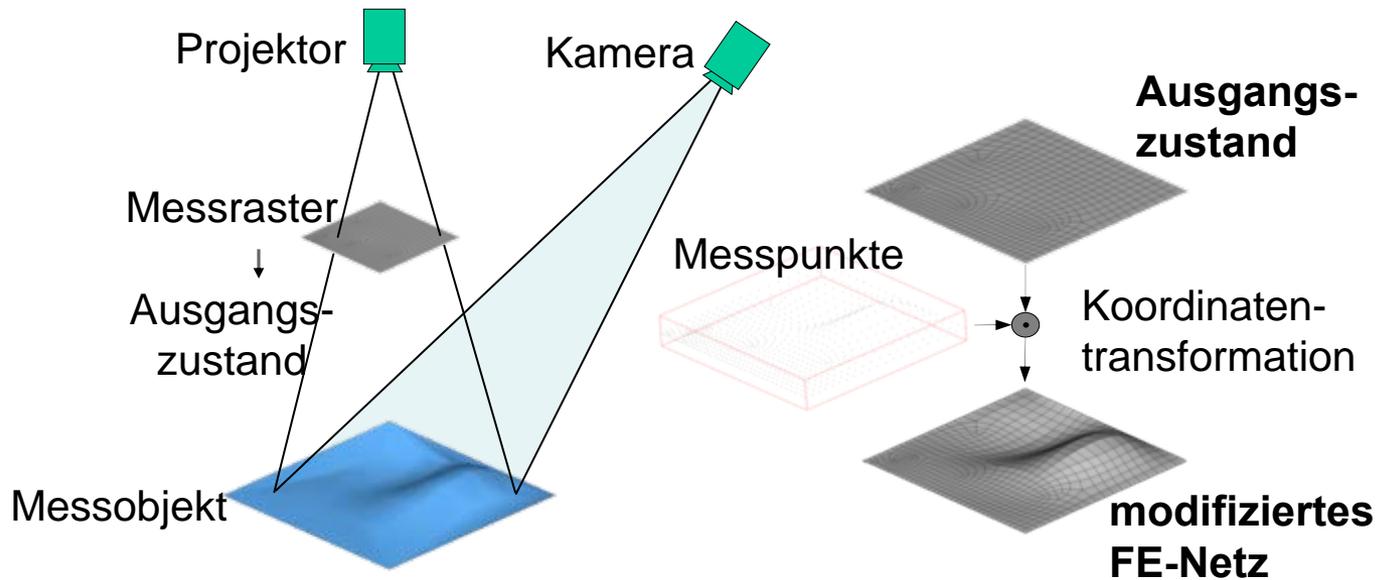
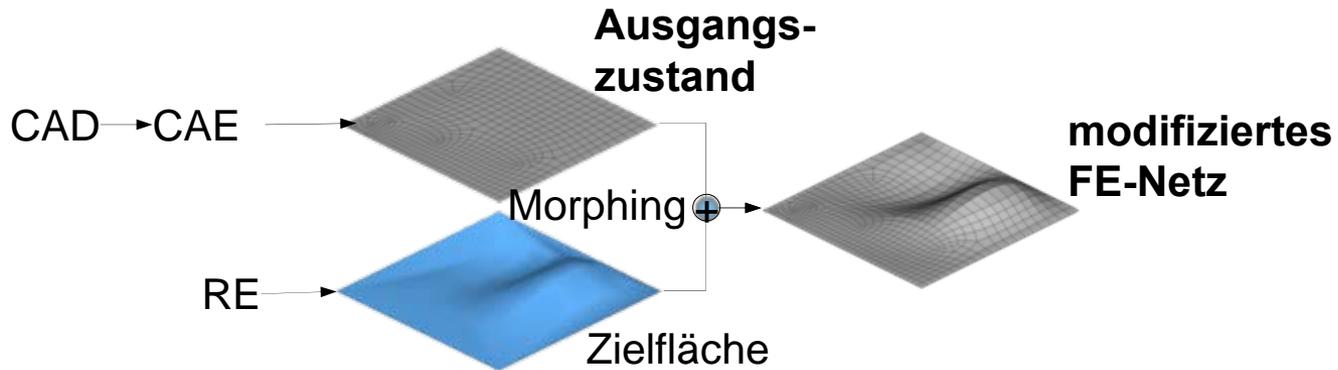
1.0E-02
 8.8E-03
 7.7E-03
 6.6E-03
 5.5E-03
 4.4E-03
 3.3E-03
 2.2E-03
 1.1E-03
 0.0E+00

► **Fazit** Hybridvernetzung liefert gute Ergebnisse, daher Einführung in die CAE-Kette

Einführung der Hybridvernetzung in die CAE-Kette

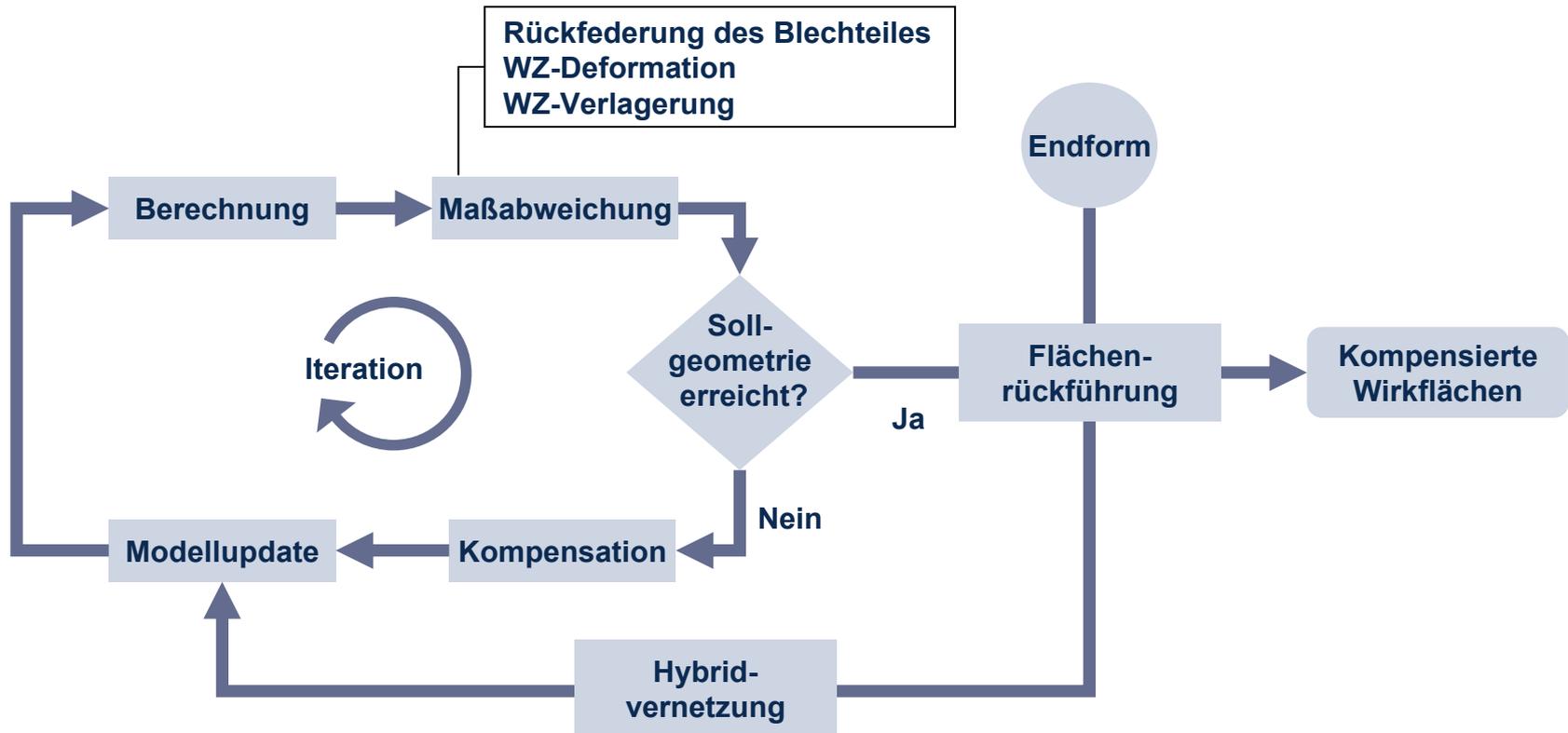


Neue Möglichkeiten im Reverse Engineering



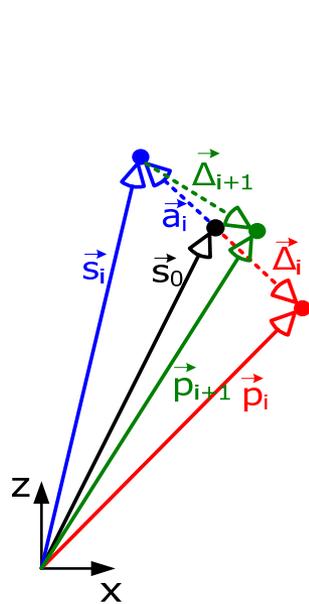
Gestaltoptimierung der WZ-Wirkflächen mit Reverse Engineering

Ziel Reduzierung der Abweichungen zwischen Sollgeometrie und rückgefederter Geometrie durch Anpassung der WZ-Wirkflächen

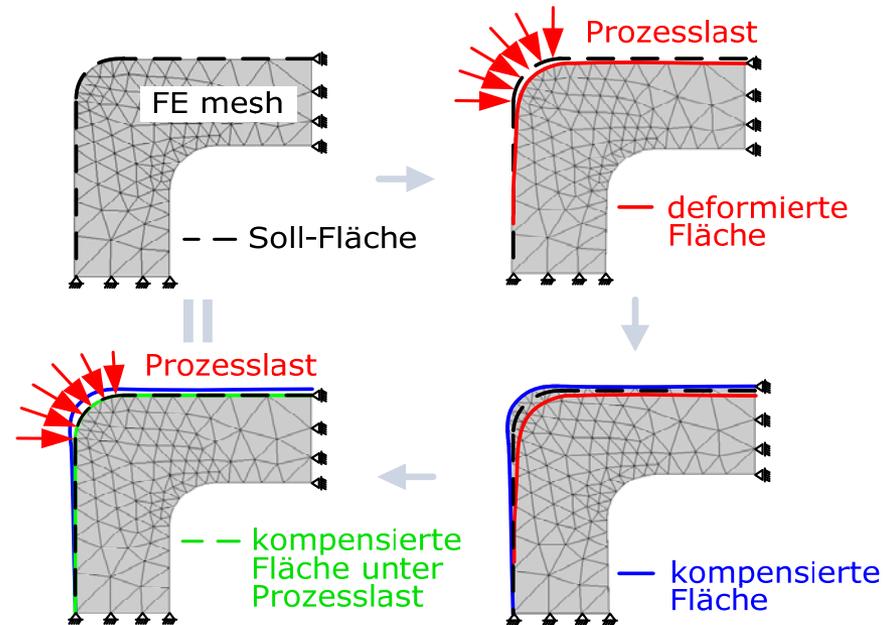


Kompensationsalgorithmus bei Hybridvernetzung

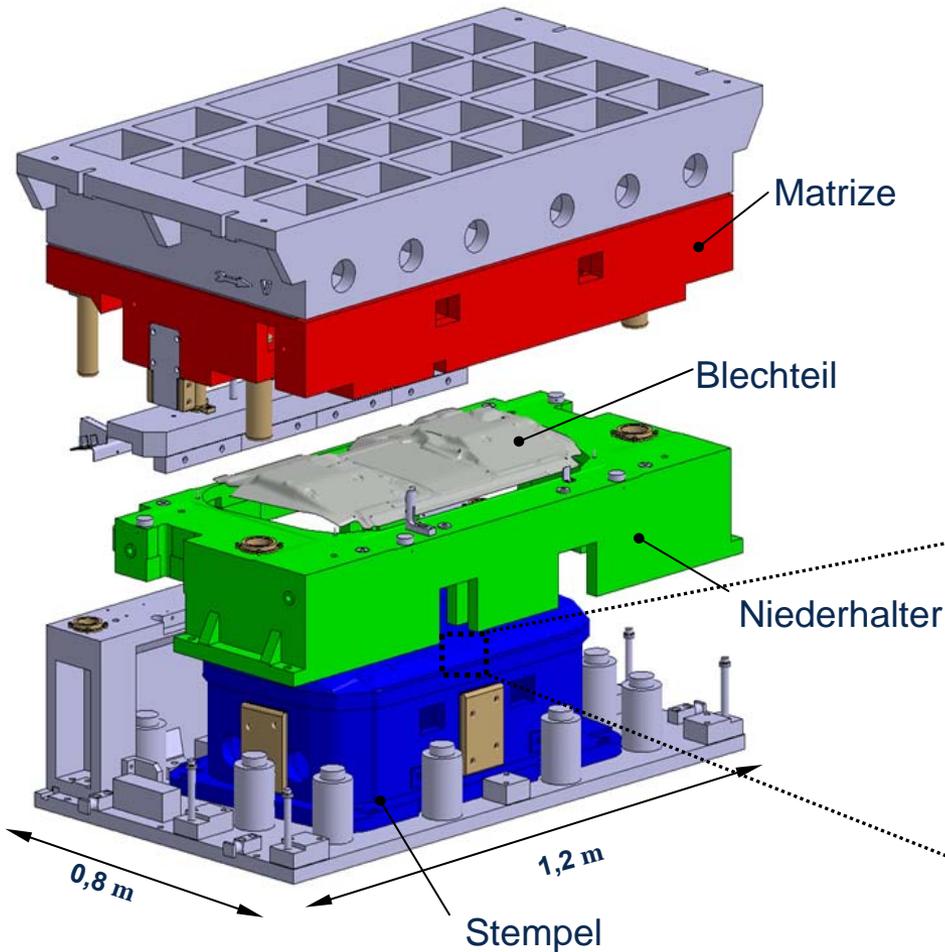
Anpassung der Wirkflächen durch gezielte Knotenverschiebung



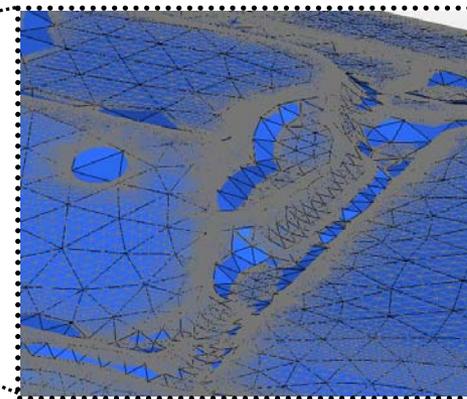
- i Iterationsschritt
- \vec{s}_0 Knoten auf Soll-Geometrie
- $\vec{\Delta}$ Knotenverschiebung
- \vec{p} Knoten auf deformierter Fläche
- \vec{a} Korrekturvektor
- \vec{s} Knoten auf kompensierter Fläche



Anwendung der Hybridvernetzung bei Serienwerkzeug



SMG Presse
Typ HZPU 1000–3000/1800
Bj. 1996



Hybridvernetzung am Stempel

Red. vollst. Prozessmodell mit Maschineneinfluss

SMG Presse – Typ HZPU 1000 –
3000/1800, Bj. 1996

Kippsteifigkeiten aus zulässiger
Stößelkippung:

$$c_{kA} = \frac{400kNm}{0,17mm/m} = 2350MNm$$

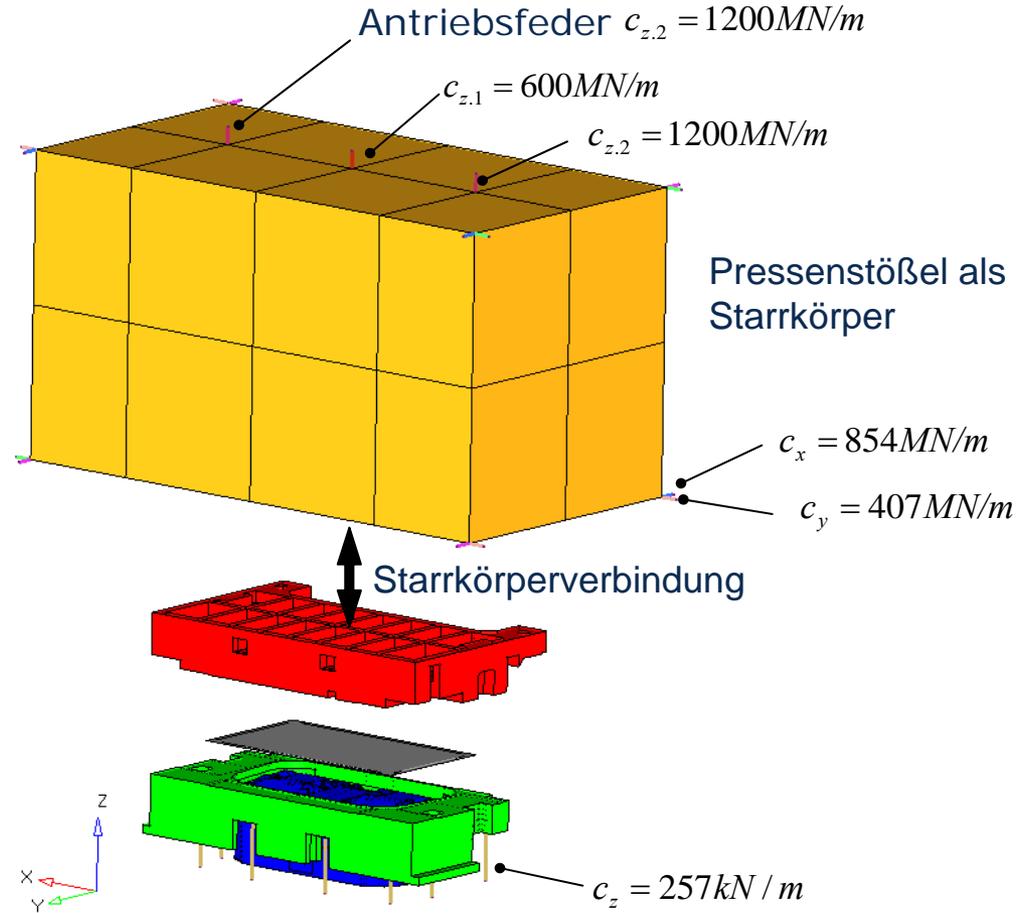
$$c_{kB} = \frac{800kNm}{0,4mm/m} = 2000MNm$$

Verlagerung aus Standardwerten
nach VDI 3145 für Pressennennkraft

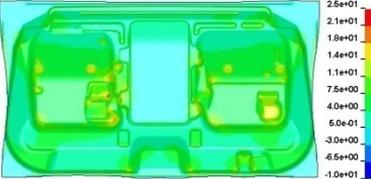
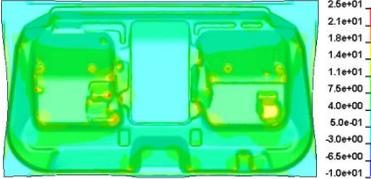
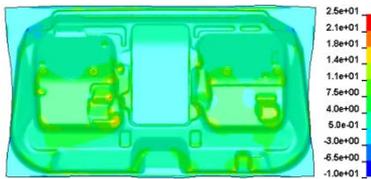
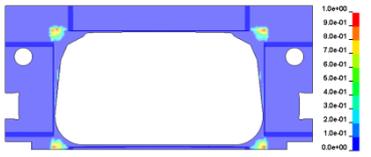
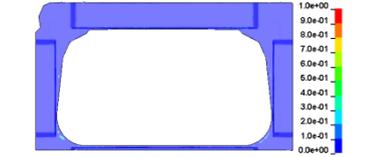
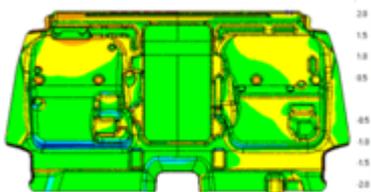
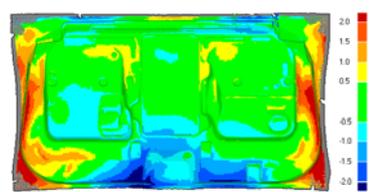
$$F_{nenn} = 10000kN$$

$$c_{gesZ} = 3000MN/m$$

2Mio Elemente
19,3h CPU Time



Simulationsergebnisse

	CAD Starrkörpermodell	CAD Volumenmodell mit Maschineneinfluss	Messdatenbasiertes Volumenmodell mit Maschineneinfluss
Reduktion der Blechdicke in %			
Kontaktnormaldruck am NH in GPa			
Abweichung zw. Simulation und Messung in mm			

Zusammenfassung

- Anwendung und Besonderheiten der Hybridvernetzung mit LS-Dyna® wurden gezeigt
- Hybridvernetzung besitzt großes Potential bei der Umformsimulation von großen Werkzeugstrukturen
- eine realistische Pressungsverteilung kann mit elast. vernetzten Werkzeugen hinreichend genau abgebildet werden
- Hybridvernetzung erweist sich im Reverse Engineering als sehr hilfreich
- In weiteren Arbeiten am Institut für Werkzeugmaschinen ist die Methodik der Flächenrückführung in das FE-System zu verbessern
- Der Kompensationsalgorithmus für hybride Netze ist in einer Software zu verankern



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

Institut für Werkzeugmaschinen
und Steuerungstechnik
Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann

